

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
“ ____ ” _____ 2024р.
Зав. кафедри к.т.н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)
А.В. Войтік
(підпис) (ініціали, прізвище)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА (дипломний проект)
магістр
(назва освітнього ступеня)

тема роботи **«Вдосконалення процесів боронування посівів пшениці з
одночасним підживленням.»**

Виконав: студент 2 курсу, групи 22 м-ім
освітньої програми магістр
спеціальності 208 «Агроінженерія»
Карман Д.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник канд. с-г наук, доцент Головатюк А.А.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

м. Умань – 2024 рік

(код і назва)

“ ” 2024p

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 20 слайдів) як додаток до доповіді за темою дипломної роботи: мета і завдання дослідження; конструктивно-технологічної схеми агрегату, параметрів та режимів роботи ротаційного робочого органу; результати розрахунку економічного ефекту; висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/ п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	При- мітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу	16.10.2023 р.	
2.	Розділ 1. Сучасний стан досліджуваного питання. Мета та завдання дослідження	14.11.2023 р.	
4.	Розділ 2. Теоретичні дослідження	05.02.2024 р.	
5.	Розділ 3. Експериментальні дослідження	4.03.2024 р.	
6.	Розділ 4. Охорона праці	24.05.2024 р.	
7.	Розділ 5. Техніко-економічне обґрунтування запропонованої технології	15.09.2024р.	
8.	Виконання ілюстративної частини роботи	5.10.2024р.	
9.	Представлення роботи керівнику на перевірку	20.10.2024 р.	

Студент

(підпис)Карман Д.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)Головатюк А.А.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Незважаючи на широке застосування технологій ранньовесняного підживлення озимих колосових культур та їх боронування, слід зазначити їх суттєві недоліки, що знижують врожайність, якість зерна (на прикладі пшениці озимої) та його конкурентоспроможність через праце-енергоємність і високі витрати. Прикореневе підживлення посівів зерновими сівалками не завжди застосовується на вологих ґрунтах, авіаційні та наземні розкидачі добрив мають високу нерівномірність внесення та відсутність загортання до кореневої системи, що знижує врожайність. Питання ранньовесняного підживлення озимих колосових культур та їх боронування широко освітлені в науково обґрунтованих системах землеробства, однак у них відсутні рекомендації щодо поєднання операцій підживлення та одночасного боронування ротаційними боронами, що забезпечує високу збільшення врожаю зерна.

Метою роботи є оптимізація процесів боронування посівів озимої пшениці з одночасним підживленням для підвищення якісних показників обробітку ґрунту.

Завдання досліджень:

1. Провести аналіз машин для боронування та підживлення посівів озимої пшениці та визначити перспективний напрямок їх удосконалення;
2. Обґрунтувати конструктивно-технологічну схему МТА для боронування посівів озимої пшениці з одночасним підживленням та розробити математичну модель оптимізації параметрів та режимів роботи МТА;
3. Методом планування трифакторного експерименту оптимізувати конструктивно-технологічні параметри робочого органу для боронування посівів з одночасним закладенням добрив у ґрунт;
4. Визначити залежності – мінімум витрат сукупної енергії на процес боронування з підживленням, а також питомий тяговий опір МТА від швидкості руху;
5. Визначити економічну ефективність результатів досліджень. Об'єкт дослідження – багатофункціональний агрегат для боронування посівів озимої пшениці з одночасним підживленням.

Предмет дослідження – закономірності процесу боронування посівів озимої пшениці з одночасним підживленням, із застосуванням МТА.

Наукову новизну роботи представляють:

- конструктивно-технологічна схема багатофункціонального агрегату для поверхневого обробітку ґрунту, що дозволяє проводити боронування посівів озимої пшениці з одночасним підживленням;
- математична модель роботи МТА, яка дозволяє визначити швидкість його руху при боронуванні посівів озимої пшениці з одночасним підживленням;
- параметри та режим роботи запропонованого МТА, що дозволяє проводити боронування посівів озимої пшениці з одночасним підживленням;
- залежність коефіцієнта використання змінного часу від параметрів та режимів роботи агрегату;
- Залежність коефіцієнта питомого опору та продуктивності агрегату від швидкості руху, ширини захоплення та умов роботи.

Методи дослідження. Теоретичні дослідження процесу роботи робочих органів та МТА проводилися з використанням основних положень вищої математики та теоретичної механіки, експериментальні дослідження проведені в лабораторно-польових умовах з використанням методу планування багатofакторного експерименту та математичного моделювання. Обробку отриманих даних здійснювали на основі методів математичної статистики з використанням ПЕОМ та програм MahtCad та Microsoft Exeel.

Практичну цінність роботи представляють: співвідношення між параметрами та режимами роботи запропонованого агрегату з показниками якісного обробітку ґрунту.

Структура та обсяг роботи. Робота містить: вступ, п'ять розділів, висновки, список літератури та додатки. Робота викладена на 57 сторінках друкованого тексту, включає 23 малюнків і 8 таблиць. Список літератури складається із 32 найменувань.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЯ ТА ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ БОРОНУВАННЯ ПОСІВІВ З ОДНОЧАСНИМ ПІДЖИВЛЕННЯМ.....	9
1.1 Загальні відомості про боронування посівів сільськогосподарських культур та їх підживлення.....	9
1.2 Аналіз способів внесення добрив у ґрунт та боронування сільськогосподарських культур.....	10
1.3 Технічне забезпечення процесів боронування посівів та їх підживлення.....	13
1.4 Відомі теоретичні розробки робочих органів ротаційного типу для боронування. Висновки, мета та завдання дослідження.....	23
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ АГРЕГАТІВ І ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРґАНІВ ДЛЯ БОРОНУВАННЯ ПОСІВ.....	27
2.1 Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми багатофункціонального агрегату для боронування посівів	27
2.2 Оптимізація параметрів та режимів роботи ротаційного робочого органу для боронування посівів.....	29
2.3 Оптимізація параметрів МТА для боронування посівів з одночасним внесенням добрив. Висновки до розділу.....	35
3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.	
3.1 Програма досліджень.....	41
3.2 Методика планування багатофакторного експерименту з обґрунтування робочого органу для боронування посівів	42
3.3 Результати дрібно-ділянкового польового дослід з обґрунтування робочого органу та технології боронування посівів.....	44
3.4 Результати динамометрування робочих органів боронування посівів. Висновки щодо розділу.....	47
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	50
4.1. Аналіз травмонебезпечних факторів у процесі використання ротаційної борони з одночасним підживленням мінеральними добривами.	50
4.2. Розроблення моделей травмонебезпечних та аварійних ситуацій під час використання ротаційної борони та підживленням мінеральними добривами.....	50
4.3 Техніка безпеки при застосуванні різних видів мінеральних добрив	52
РОЗДІЛ 5. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ	
5.1 Оптимальні параметри та режими роботи робочого органу ротаційної борони.....	54
5.2 Вплив розроблених робочих органів борони на врожай озимої пшениці.....	54
5.3 Економічна ефективність МТА для боронування посівів з одночасним підживленням. Висновки по розділу.....	56
ВИСНОВКИ.....	58
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	60

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Проблема підвищення врожайності та якості зерна, зниження витрат може бути успішно вирішена за рахунок подальшого вдосконалення машинних технологій догляду за посівами озимих колосових культур, їх підживлення, знищення бур'янів та захисту від хвороб та шкідників.

Науково обґрунтованими системами землеробства доведено, що в ґрунтовому шарі після оранки знаходиться від 100-200 млн. до 2-3 млрд. насіння бур'янів на один гектар і 70-90% бур'янів можна знищити до та післясходовим боронуванням, знизити витрати на застосування дорогих , усунувши пригнічення ними культурних рослин та ґрунтової біоти, а також активізувати хімічні та біологічні процеси за рахунок надання потрібної будови верхній частині шару оранки, знищити ґрунтову кірку та вирівняти поверхню поля. Ефективність боронування сходів озимої пшениці та інших зернових культур зі знищення бур'янів ротаційною мотикою підтверджується підвищенням урожайності зерна на 10-15%, що доведено численними експериментами [5, 7, 8, 11, 19, 20]. Боронування посівів для знищення ґрунтової кірки, особливо на важких ґрунтах, що запливають, покращує доступ повітря до кореневої системи розвиток і продуктивність рослин.

У систему догляду за посівами озимих культур, входить також ранньовесняне підживлення, яке виконується у нас в країні зерновими сівалками (прикореневе підживлення)]. За кордоном відомо поєднання операцій ранньовесняного підживлення посівів озимих культур з одночасним їх боронуванням пружинними боронами [1, 4, 14], що вивільняє один трактор, знижуючи витрати та ущільнення ґрунту [14, 15]. Однак ні теоретичними дослідженнями, ні виробничою практикою не обґрунтовано ефективність пружинних борін на посівах озимих культур, особливо за якістю кришення ґрунту та закладенням добрив, що добре виконують ротаційні борони [5, 15]. З урахуванням викладеного вирішення питання, пов'язаного із поєднанням

операцій боронування посівів озимих культур з одночасним внесенням та закладенням у ґрунт твердих мінеральних добрив, є актуальним завданням.

Робоча гіпотеза – підвищення якісного показника розпушування ґрунту на посівах озимої пшениці ротаційним робочим органом, що досягається за рахунок вибору оптимальних параметрів МТА залежно від фізико-механічних властивостей оброблюваного ґрунту та необхідних показників якості.

РОЗДІЛ І. ТЕХНОЛОГІЯ ТА ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ БОРОНУВАННЯ ПОСІВІВ З ОДНОЧАСНИМ ПІДЖИВЛЕННЯМ.

1.1 Загальні відомості про боронування посівів сільськогосподарських культур та їх підживлення.

Ґрунт – це природне тіло, що характеризується своєю родючістю [9]. Зниження родючості ґрунту проявляється за рахунок нераціонального та неправильного поводження з ним, тому необхідно знайти способи, а також розробити машини для обробки ґрунту, які будуть спрямовані на покращення життя культурних рослин та постійного підвищення родючості [2, 15, 16, 28, 29].

Основна частина ґрунту – це тверда фаза, яка характеризується різним ступенем дисперсності. Під час, коли ґрунт повністю сухий, проміжки між порами можуть бути заповнені повітрям, але іноді не лише повітрям, а частково і водою. У зв'язку з цим ґрунт зазвичай має три фази: тверду, рідку та газоподібну. Співвідношення цих трьох фаз полягає у підтримці життя живих організмів, які населяють ґрунт та створенні гарної її родючості. Зменшення або повна відсутність, якийсь із фаз надає сильний вплив на родючість ґрунту, а також біологічні процеси.

Міцна комковата структура є основною умовою родючості ґрунту, яка характеризується розміром грудочок від 1 до 10 мм у пухкому шарі ґрунту. Якщо частинки ґрунту розділені частково, тобто. позбавлені структури, всі вони відносяться до суцільної маси орного шару.

У разі відсутності дощу випаровування води з орного шару обмежується верхніми шарами, і вода не може надходити до верхніх шарів, оскільки вони перериваються проміжками між грудочками, що призводить до стійкого запасу води в структурному ґрунті. Також підсохлі верхні шари запобігають випаровуванню вологи і є захисним шаром [15, 24].

У період весняного підживлення перед агрономами стоїть завдання своєчасного закриття вологи, а також розпушення на посівах сільськогосподарських культур ґрунтової кірки [5, 7, 19].

Підживлення рослин проводять твердими мінеральними добривами, які вносять за допомогою відцентрових розкидачів. Для кращого засвоєння рослиною азоту використовують одночасно фосфор і калій, що сприяє зменшенню вилягання рослин та збільшує їхню здатність боротьби зі збудниками хвороб. Також ці елементи сприяють кращому куцjenню слабких рослин та підвищують урожайність зерна у загальній масі [1, 20]. Боронування зернових озимих культур у субтропічній кліматичній зоні необхідно проводити в найкращі терміни із застосуванням легких, середніх, важких або ротаційних борін, що застосовуються на посівах, але також немало важливу роль відіграють і терміни вегетації цих культур, а також у несприятливих погодних умовах необхідність витримувати дефіцит. вологи, що набуває особливого значення [5, 7, 19, 20].

1.2 Аналіз способів внесення добрив у ґрунт та боронування сільськогосподарських культур

Аналіз способів внесення добрив у ґрунт Високу врожайність озимих культур у субтропічній кліматичній зоні можна досягти тільки за рахунок повноцінного та достатнього харчування рослини, для цього їм потрібні поживні речовини, тепло, світло та вода. Кожна з умов відіграє важливу роль у житті рослин. Ця потреба у поживних елементах безпосередньо залежить від форми та виду рослин, у яких і знаходяться дані речовини.

Більше 70 елементів входить до складу рослин, також встановлено, що для їхньої життєдіяльності абсолютно необхідні лише 16 елементів. При збиранні врожаю велика кількість поживних речовин виключається з обороту сільськогосподарського виробництва, якщо добрива не вносити своєчасно, то врожайність сільськогосподарських культур почне падати за рахунок поступового виснаження ґрунту. Хоча падіння врожайності може розпочатися, коли ще не спостерігається її виснаження. Зокрема це відбувається не від валового вмісту в ґрунті діючих речовин, а переважно від їх засвоюваності та вмісту. За рахунок загального запасу поживних речовин у ґрунті відбувається часткове поповнення засвоюваної їх частини, але темпи цього поповнення

значно нижчі, ніж збіднення ґрунту, що викликається віднесенням діючих речовин урожаєм.

Отримуючи високі врожаї, слід підтримувати постійний рівень діючих речовин у ґрунті – компенсувати винос (відчуження) діючих речовин із урожаєм рослин. Це сприяє ефективності родючості ґрунту. Недостатнє повернення діючих речовин може призвести до втрати ґрунтом її родючості. Чим вища врожайність, тим більше винос діючих речовин і тим швидше відбувається виснаження ґрунту.

Продуктами неорганічного походження є мінеральні добрива, вони виготовляються зазвичай шляхом механічної або хімічної обробки сировини, що складаються з неорганічних елементів, до них відносять фосфорити, калійні солі і т.д.

Також до мінеральних належать добрива, сировина яким служить азот повітря та деякі продукти з хімічних виробництв, у яких є поживні речовини для рослин. Дані добрива відрізняються чинною речовиною з найбільш високою концентрацією. Мінеральні добрива на вигляд поділяються на фосфорні, азотні та калійні, а також мікродобрива.

Терміни та способи внесення мінеральних добрив у субтропічній кліматичній зоні визначаються фізико-хімічними властивостями того чи іншого виду добрив, ґрунтово-кліматичними умовами та біологічними особливостями оброблюваних культур. Способи внесення добрив різні [5, 7, 12, 19, 20, 21].

Допосівне внесення, або основне внесення, зазвичай включає найбільшу частину (70–80%) мінеральних добрив. Органічні добрива цей період вносять повністю – всю готову норму. Добрива, внесені до посіву, закладають під оранку в більш глибокі зволожені шари ґрунту для забезпечення рослин живленням протягом усього періоду вегетації [12].

При посіві зернових слід вносити гранульований подвійний суперфосфат у рядки по 0,5 ц., що є досить ефективним прийомом використання даного добрива та збільшення врожайності зерна на 4 ц зерна на кожний центнер даного добрива.

Під зернові культури, зокрема пшеницю, застосування підвищених доз азотних добрив обмежується через ризик вилягання пшениці. Для боротьби з поляганням рекомендується застосовувати препарат хлор-холінхлорид, відомий під назвою ТУР [12, 21]. Обробка зернових культур зазначеним засобом підвищує їхню стійкість до вилягання [12, 26].

Аналіз способів боронування сільськогосподарських культур Поверхнева обробка ґрунту з метою вирівнювання поверхні поля, розпушування верхнього шару ґрунту, його перемішування, кришення, закладення мінеральних добрив, вичісування бур'янів – називається боронуванням.

Борони – знаряддя поверхневої обробки ґрунту. Виняток становлять важкі дискові та деякі пружинні борони, якими можна обробляти ґрунт на глибину до 20 см. Зубові борони є найпростішими та універсальними знаряддями, за допомогою яких розпушують, перемішують та вирівнюють поверхню ґрунту, а також вичісують та присипають бур'яни, закладають насіння та добрива. , руйнують кірки на посівах після зимівлі та рясних дощів, проріджують посіви, звільняють присипані рослини після підгортання, доглядають луки та пасовища. Зубові борони найчастіше рухаються поступально, але бувають також з активним приводом зубів (віброборони) і обертаються від сил зчеплення з ґрунтом (ротаційні).

Боронування переважно проводять або після посіву, або після появи сходів насіння залежно від культури. Воно сприяє підвищенню аерації верхнього шару ґрунту, закриттю вологи в ґрунті, проріджування посівів, якщо вони загущені та закладення добрив. Найкращий ефект перемішування та кришення ґрунту при боронуванні досягається при вологості 50-70% [13]. Якщо ґрунт буде недостатньо вологий, то зуби борін практично не заглиблюються, і не відбувається повне кришення ґрунту, а також ґрунт розпорошується. Так як на боронуванні трактор використовується менш ефективно ніж на інших операціях пов'язаних з обробітком ґрунту, то цю операцію слід проводити на підвищених швидкостях, але при цьому враховуючи агрономію [5, 7, 19].

Правильний вибір борони безпосередньо залежить від щільності та типу ґрунту. Хоч і передпосівний обробіток ґрунту знищує значну частину бур'янів, але досить велика кількість з них проростає на посівах. На боронуванні ґрунту гине приблизно 80-90% даних бур'янів, що проростають, у вигляді білих ниток, а також їх сходів до утворення листя. Найбільший ефект досягається здебільшого на досходовим боронуванні по посівах прикатаним раніше.

Боронування – це дуже важливий прийом для догляду за посівами незалежно від стану.

На загущених посівах, що добре перезимували, застосовують важкі або середні зубні борони, на слабких або зріджених посівах – легкі або ротаційні. Посіви, які слабо розкущилися, слід боронувати після того, як про них зміцніють і найкраще перед дощами [13, 18, 29]. У Херсонській області після боронування озимих посівів кількість бур'янів знизилася на 33%.

При боронуванні посівів озимої пшениці в знищилося 51,3% бур'янів, урожай збільшився на 2,5-3,5 ц. із 1 га. На легких і піщаних ґрунтах, а також у районах, де ґрунт схильний до вітрової або водної ерозії не рекомендується здійснювати боронування посівів озимих, оскільки насіння цих рослин з різних причин може виявитися на поверхні ґрунту, тому що їх паростки ще не вкоренилися [12]. Для того щоб на таких ділянках не було випирання озимих, проводять коткування замість боронування для укорінення рослини.

При боронуванні озимих культур знищується до 96% бур'янів, про що свідчать дані.

Боронування ячменю та пшениці ротаційною мотикою до сходів та по сходах знижує кількість бур'янів на 36-75%, що збільшує врожай на 15-35% за даними Латвійського НДІ землеробства.

1.3 Технічне забезпечення процесів боронування посівів та їх підживлення.

Для того щоб досягти підвищення врожайності зерна необхідно покращувати систему та способи обробітку ґрунту, застосовувати найбільш досконалі машини. До таких відносяться багатофункціональні агрегати (МТА)

та машини. Застосування таких агрегатів та машин дозволить найбільш раціонально використовувати можливості тракторів при незмінних граничних показниках робочої ширини захвату та робочої швидкості. Найпростішим рішенням для створення такого МТА і поєднання декількох операцій в одну, є з'єднання двох або кількох операційних знарядь, в послідовності, яка відповідає технологічному процесу. За необхідності кожен його машину можна використовувати як самостійну для виконання конкретної операції. Також можна й іншим шляхом створити багатофункціональний агрегат, розмістивши кілька робочих органів для виконання деякої кількості технологічних операцій на одній спільній рамі [3, 8, 20].

Ротаційні борони та легкі зубні борони доцільно застосовувати на слабких посівах озимої пшениці та легких ґрунтах, а важкі при боронуванні в один або два сліди на добре розвинених озимих посівах і на важких ґрунтах [1,20]. Пружинні і зубові оборони вітчизняного і закордонного виробництва.

Пружинні та зубні борони потрібні для руйнування верхнього шару ґрунту та його кришення, а також часткового знищення бур'янів, вирівнювання поверхні поля, загортання насіння та добрив [12, 14].

Робочим органом зубових борін є зуб, який впливає на ґрунт як двогранний клин. Передньою частиною ріже ґрунт, а бічними розсуває його частинки, за рахунок удару руйнуються грудки, а також відбувається вичісування відмерлих і бур'янів [10, 19, 26]. Глибина обробки ґрунту зубовими боронами становить 3...10 см, глибина борозен після обробки не більше 3...4 см, а діаметр грудок не більше 5 см, відсоток пошкоджених рослин не повинен перевищувати 3% [5, 7, 19, 20, 21].

Так як зубні борони невеликої ширини з них складають широкозахватні агрегати для роботи в полі шляхом з'єднання їх у зчеплення. Кожна борона з обох боків має гачки (причіпний пристрій) для приєднання до них повідців (ланцюга), (Рисунок 1.1-1.2).

Для регулювання глибини обробки зубної борони змінюють положення зуба до напрямку руху та його тиск на ґрунт, а також довжину ланцюгів (поводів) [5, 7, 19, 20, 21].

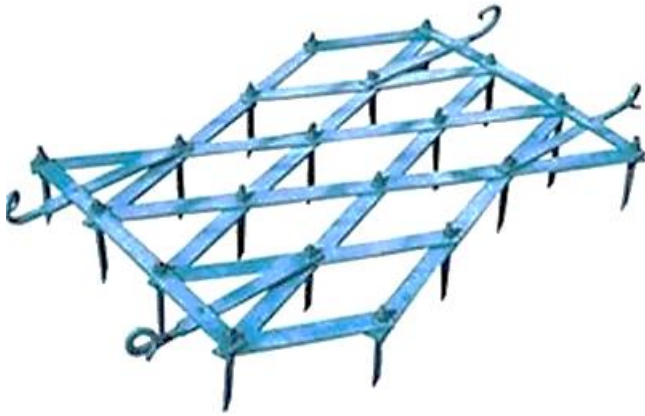


Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд легкої зубної борони ЗБП-0,6



Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд легкої зубної борони ЗОР-0,7

Зубові борони відрізняються один від одного тиском на один зуб, що визначає силу тяжкості ланки на число зубів [5, 7, 19, 20]. Для боронування посівів нам підходять лише легкі зубні борони, до них відносяться триланкові борони ЗОР-0,7 та ЗБП-0,6.

Недоліком легких борін є те, що при надто сухому ґрунті відбувається недостатнє кришення, і боронування таких ґрунтів не дає ефекту.

На сьогоднішній день пружинні борони знайшли широке застосування в сільському господарстві. Основна сфера використання - знищення бур'янів на посівних полях, а також - створення водного балансу в родючому шарі ґрунту і руйнування верхньої кірки, що утворилася. Підходить для всіх видів технічних та зернових культур. Борона за один прохід виконує відразу 4 операції, починаючи від боронування та розпушування ґрунту і закінчуючи закладенням добрив (Рисунок 1.3).

Пружинна борона Aktywator 6 Польського виробництва – це багатоцільова борона, яка застосовується для ранньовесняного утримання вологи в ґрунті. Крім того, даний агрегат розпушує і вирівнює поверхню ґрунту в передпосівний та післяпосівний період, може здійснювати боронування по сходах, вичісування озимих культур, закладення добрив, згріб соломи у валки.



Рисунок 1.3 – Зовнішній вигляд пружинної борони Aktywator 6.

Пружинна борона БПН-8 [2, 12] використовується для знищення бур'янів, руйнування кірки та створення аераційного режиму поверхневого шару ґрунту. Агрегат підходить для довсходового та післясхідного боронування зернових та технічних культур, а також для вирівнювання поверхні поля (Рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 – Зовнішній вигляд пружинної борони БПН-8

Пружинна борона для роботи на посівах з одночасним внесенням мінеральних добрив, що випускається фірмою «HATZENBICHLER» Австрія [8, 13], застосовується для кришення верхнього шару ґрунту, боротьби з бур'яном, регулювання балансу води в ґрунті, боронування безпосередньо перед посівом живих організмів у ґрунті.

Ця борона, випробувана і пропонує альтернативу хімборотьбі з бур'янами, а також служить для механічного догляду за посівами. Метою пружинної борони є максимум знищення бур'янів при найменшому заподіянні шкоди культурам, але при цьому не прагне повністю знищити їх, тому що від деяких видів бур'янів може бути цілком позитивний вплив (Рисунок 1.5).



Рисунок 1.5 – Зовнішній вигляд пружинної борони HATZENBICHLER.

Недоліком даних пружинних борін є можливість порушення агровимог за величиною пошкоджених рослин залежно від наявності поживних залишків на поверхні ґрунту та вологості поля.

Навесні всі проміжки в ґрунті заповнені водою, для її збереження необхідно зруйнувати верхній шар ґрунту, щоб він був подрібнений до дрібного стану, за рахунок цього порушуються капіляри, і запобігає випаровуванню вологи, а отже вона стане сильним фактором для розвитку кореневої системи рослини. е. буде якісною основою для формування врожаю. Цей захід може бути виконано за рахунок боронування із застосуванням ротаційної борони [3, 8, 9].

Ґрунтообробні машини, такі як ротаційні борони, відносяться до безпривідних, за конструктивним виконанням їх робочі органи бувають, різні, наприклад: голчасті, зубні, пелюсткові та ножеподібні. Основним завданням даної машини є руйнування верхнього шару ґрунту, його часткове вирівнювання, подрібнення грудок та загортання добрив.

Голчасті колеса, що застосовуються на ротаційній мотиці, є найпоширенішими, при цьому вони мають різні діаметри та форму голки. Дані робочі органи знайшли широке застосування у одноопераційних машинах, а й у комбінованих агрегатах [6, 9, 13]. Особливість їх полягає в тому, що вони можуть працювати як на загущених посівах активною частиною ротора, так і на

зріджених посівах пасивним положенням диска для більш щадного режиму [8, 10, 11].

Застосування ротаційної борони дає можливість зменшити кількість внесення азотних добрив [12], а деяких випадках навіть зовсім відмовитися від їх використання [5, 7, 19, 20]. Ротаційна борона добре мульчує верхній шар ґрунту, руйнує ґрунтову кірку, створюючи ідеальні умови для початкового розвитку кореневої системи рослин та забезпечуючи потужний старт їх зростання [6]. Перевага ротаційної борони в порівнянні з зубною, найкраще подрібнення ґрунту та можливість її використання на сходах рослин ранньою весною у фазі кушіння.

Дані машини виробляються багатьма підприємствами за кордоном [10, 11], але варто відзначити, що більшу частину машин на український ринок постачають вітчизняні підприємства, хоча також є техніка і зарубіжного виробництва [14- 15].

Ротаційна борона Antoks 6 [8] сконструйована за схемою підпружиненого важеля, що коливається. Гнучкість важеля забезпечує пружина, яка чинить тиск на ґрунт за допомогою двох зубчастих коліс. У конструкції борони передбачено регулювання відстані між рядами. Недоліком даної борони є можливе перенесення ґрунту, а також недостатнє її подрібнення, що неприпустимо за агровимогами (Рисунок 1.6).



Рисунок 1.6 – Зовнішній вигляд ротаційної борони Antoks 6

Ротаційна борона Green Star [8] призначені для весняного та осіннього розпушування ґрунту на глибину 4-11 см. Борона складається з рами та пружних стійок, на кожній з яких кріпляться на підшипникових вузлах, що не обслуговуються, два голчастих дискових робочих органи. У свою чергу, кожна

голка, загострений кінець якої має криволінійну форму, кріпиться до маточини та кільця жорсткості болтовим з'єднанням. Недоліком даної борони є підшипниковий вузол робочих органів, що не обслуговується, а також можливе перенесення ґрунту і недостатнє її крошення, що неприпустимо за агровимогами (Рисунок 1.7).



Рисунок 1.7 – Зовнішній вигляд ротаційної борони Green Star 23.

Причіпна ротаційна борона БРП-9,7 [8, 13] з робочою швидкістю агрегату в межах від 12 до 20 км/год. Копіювання поверхні поля відбувається за допомогою рухомого тандему кріплення робочих органів, які забезпечують рівномірну глибину обробітку ґрунту по всій ширині захвату, які встановлюють шляхом регулювання рухомого упору гідроклапану. Недоліком даної борони є можливе перенесення ґрунту, а також недостатнє її подрібнення, що неприпустимо за агровимогами (Рисунок 1.8).



Рисунок 1.8 – Зовнішній вигляд ротаційної борони БРП-9,7.

Австрійські ротаційні культиватори Rotarystar 300 та Rotarystar 600 [8]. Руйнування монолітної ґрунтової кірки після дощу забезпечують робочі органи – зірочки діаметром 520 мм із 16-ма пальцями. На центральній рамі передбачено захист від каміння. Додатковою функцією Rotarystar є установка на бороні висівного апарату, що дозволяє одночасно з виконанням розпушування ґрунту проводити посів різних видів культур та їх загортання. Виробник декларує робочу швидкість борони до 25 км/год, що може забезпечити високопродуктивну обробіток ґрунту, однак, на нашу думку, такий параметр має бути ретельно досліджений (Рисунок 1.9).



Рисунок 1.9 – Зовнішній вигляд ротаційної борони Rotarystar

У США [8] виробляють ротаційні борони Yetter 3400 та Yetter 3500 з шириною захвату 3, 7 та 8 м (Рисунок 1.10). Ротаційні борони обладнані голчастими колесами, які встановлені на пружній стійці. Робоча швидкість борони становить 8-13 км/год. Недолік цієї борони в тому, що при виході з ладу одного із зубів потрібна буде заміна всього робочого органу, а також можливе перенесення ґрунту та недостатнє його подрібнення, що неприпустимо за агровимогами.



Рисунок 1.10 – Зовнішній вигляд ротаційної борони Yetter.

В Україні виробляють ротаційні борони МРН-5,6 (Рисунок 1.11). Борона призначена для досходового та післясходового боронування посівів польових культур. Робочі органи борони створюють тло для початкового розвитку кореневої системи рослин, знищують ниткоподібне коріння бур'янів на швидкостях до 20 км/год, проте, на нашу думку, такий параметр повинен бути ретельно досліджений, оскільки можливе перенесення ґрунту, що неприпустимо за агро вимогами [15].



Рисунок 1.11 – Зовнішній вигляд ротаційної борони МРН-5,6.

Ротаційна борона «Striegel» [1, 6] дозволяє здійснювати з великою продуктивністю ряд робіт, які є невід'ємною частиною професійної обробки ґрунту (Рисунок 1.12). Зброя здатна підготувати ґрунт під посів. Дана машина запобігає пізніше проростанню зерна за рахунок розпушування ґрунту після посіву, що збільшує пористість, а також відбувається рівномірний розподіл вологи та кисню у ґрунті, що призводить до більш стійких сходів культур їхнього зростання та зміцнення. Дана машина може працювати як на суцільній, так і на міжрядній обробці ґрунту, навіть якщо рослина вже зросла. При стандартному міжрядному відстані зброєю працює від 2-х листочків до 20 см висоти рослини. Якщо збільшити міжрядну відстань, то можлива робота до висоти 60 див.



Рисунок 1.12 – Зовнішній вигляд ротаційної борони "Striegel"

Перспективними машинами є ротаційні борони з пасивним приводом [13]. Дані машини забезпечують інтенсивне подрібнення ґрунту до 0,1-0,12 м, а також можуть працювати за різних умов і при цьому не вимагають приводу від ВВП.

Перевагою пасивних робочих органів є [10, 11]: виключення забиваності дисків; робота на швидкостях 9 та більше км/год; проста конструкція; низька енергоємність; мінімум догляду та ремонту та висока зносостійкість. Робочі органи ротаційних борін обертаються за рахунок зчеплення з ґрунтом у напрямку руху машини і можуть працювати або агресивною частиною, або пасивною [7]. Головним завданням усіх борін є кришення ґрунту, вирівнювання верхнього шару та перемішування добрив із ґрунтом.

Порівняно з фрезами, де застосовуються активні робочі органи та культиваторами, ротаційні борони мають меншу енергоємність, працюють на вищій швидкості та менше розпорошують ґрунт [5, 13].

Голчасті диски в основному застосовуються в одноопераційних машинах та МТА. На диску розташовуються зубці під кутом до радіусу (СРСР, авторське свідоцтво № 565643), а також під кутом до обертання диска (Англія, патент № 1350078). - циклоїду описує зіткнення зуба з ґрунтом, зуб виконаний у вигляді гіперболічної кривої - (СРСР, авторське свідоцтво № 578917). (США, патент № 315349; Японія, № 4978881; Франція, № 2111675) – зуб має змінний переріз по всій довжині, а так само ріжучу кромку з нахилом. - зуб зроблений з пружинної сталі, при цьому має прямокутний переріз і зменшується до кінця. (Швеція, патент №398434) – зуб із еластичним елементом кріплення до диска.

Ротаційні борони є багатофункціональними знаряддями, які ефективно застосовують для закриття вологи, руйнування кірки, знищення бур'янів. Особливість їх конструкцій та режимів роботи забезпечують щадний вплив на поверхневий шар ґрунту в точці контакту з ним голки робочого органу та одночасно якісне виконання технологічного процесу з мінімальним негативним впливом на культурні рослини. Такі знаряддя є потужною альтернативою використанню хімічних методів боротьби з бур'янами, до того ж вони надають

комплексний вплив на ґрунт. Зазначені знаряддя мають типорозмірні лінійки, що дозволяє підбирати їх для господарства відповідно до наявних енергозасобів. До того ж висока швидкість агрегування цих борін мінімізує їх кількісний склад.

1.4 Відомі теоретичні розробки робочих органів ротаційного типу для боронування.

У роботах наступних авторів: Бахтіна П. У., Бузенкова Г. М., Бурченко П. Н., Вагіна А. Т., Горячкіна В. П. та ін, відображена теорія взаємодії робочого органу з ґрунтом.

Дослідження вище наведених учених зроблено на користь ротаційних машин з приводом пасивної дії. Робочі органи таких машин мають велику кількість модифікацій та форм. При проектуванні комбінованих агрегатів та створенні ґрунтообробних машин для руйнування верхнього шару ґрунту перспективними вважаються ротаційні борони з пасивним приводом.

Голчасті диски ротаційної борони працюють наступним чином: під час руху поверхнею поля голки руйнують верхній шар ґрунту, зрушуючи і змінюючи його за напрямом руху, і навіть відкидаючи убік, вирівнює мікрорельєф поля і закладає рослинні залишки.

Технологія роботи ротаційних робочих органів вивчалася наступними авторами П. П. Карпуша, Н. В. Даценком та ін. Також вони обґрунтували основні параметри ротаційних дисків з голками.

Особливість результатів досліджень Н. В. Чайгіца полягає в тому, що диски при взаємодії з ґрунтом рухаються з буксуванням, у свою чергу воно підвищується при збільшенні глибини обробки. Також експериментально встановлено, що ступінь впливу голки на ґрунт зменшується зі збільшенням діаметра диска.

Процес роботи голчастих дисків під час роботи з посівів просапних культур досліджував Даценко Н. У.. Автор, використовуючи коефіцієнт жорсткості, досліджував вплив жорсткості зуба на силу удару, а також

критичну швидкість кришення брил. Робота ротаційного диска з голками оцінюється ступенем їх впливу на ґрунт k , яка дорівнює відношенню сумарної довжини шляху пройденого голкою в ґрунті, при середній глибині ходу, до шляху який пройшов диск за один оборот, тобто:

Оптимальними параметрами ротаційного голчастого диска для максимального кришення ґрунту є: відстань між кінцями голок 0,11-0,12 м, її діаметр 0,01-0,012 м, швидкість руху при роботі 8-10 км/год, діаметр диска 0,45 м та глибина обробки 0,05-0,06 м.

І. Г. Ковриков обґрунтував у теорії параметри голчастого диска та форму його голки. На його думку, кількість голок (зуб'їв) на диску необхідно вибирати, відштовхуючись від ділянки поля, на якому проводитиметься обробіток ґрунту за участю однієї з голок відповідно до агровимог, при цьому ділянка залежить від обраного радіусу диска, форми голки та глибини обробітку ґрунту.

В. В. Труфанов вважає, що найбільш перспективними машинами для руйнування грудкою ґрунту, вирівнювання її поверхневого шару після плугів, дискових борін, культиваторів тощо, є голчасті (зубові) диски. Автором були проведені експериментальні дослідження енергоємності, а також кришення сухих грудок ротаційними дисками з діаметром 0,55 м та зубами у формі: квадрат, двогранного клина, прямого круглого конуса, усіченого циліндра з круглою формою, чотирикутної піраміди та трикутника. Експеримент показав, що зуб квадратного перерізу руйнує грудки на чотири частини, трикутні та циліндричні конусні на три, а решта на дві.

Вивченням заглиблюваністю ротаційних голчастих дисків ґрунті з твердим шаром займався У. До. Бакулін. Самозаглиблення ротаційних голчастих дисків можна домогтися при їх русі з використанням ефекту обертання диска, що виникає при уповільненні, він полягає в прояві руху вертикальної частини опору ґрунту, яка спрямована вниз, коли поступальна швидкість буде вищою, ніж окружна швидкість кінців голок.

Чим більше буде уповільнення диска, тим довшою буде борозенка, що утворюється одним зубом диска. Коли коефіцієнт уповільнення дорівнює $K_4 \dots 5$, величина довжини борозенки становить 0,08–0,12 м, це достатньо щоб диск заглибився на 0,06–0,1 м в шарі 0–0,05 м при твердості ґрунту 1,7 МПа.

Проведений аналіз джерел літератури допоміг нам систематизувати параметри голкових дисків, що випускаються, різними фірмами.

Висновки, мета та завдання дослідження

Огляд та аналіз технологічних та конструктивних особливостей сучасних багатофункціональних машин та агрегатів для поверхневого обробітку ґрунту показав, що:

1. Інтенсивні роботи з удосконалення, а також створення багатофункціональних машин, призначених для ґрунтообробки, ведуться в багатьох країнах. При цьому різноманітність цих машин досить велика, також загальновизнана їхня висока агротехнічна ефективність.

2. Проведений аналіз багатофункціональних машин показує, що у ротаційних робочих органів робоча периферія недосконала, при цьому зона впливу їх на ґрунт обмежена і малоефективна, також тільки рідкісні машини можуть вносити одночасно мінеральні добрива на посіви і ті зарубіжного виробництва.

3. Аналіз результатів досліджень робочого процесу ротаційних робочих органів пасивної дії показав, що голчасті робочі органи для кришення ґрунту, забезпечені робочими елементами зубами, надійно виконують процес і довжина зубів достатня для проникнення на глибину посівного шару.

4. Агротехнічна ефективність робочих органів залежить від конструктивних параметрів (діаметр диска, розміру та форми зубів), відстаней між кінцями голок, технологічних (глибина обробки, стан ґрунту тощо), експлуатаційних (поступальна та окружна швидкість руху, швидкісний параметр) . Встановлено конструктивні та якісні параметри робочих дисків ротаційних борін:

– діаметр голкових дисків різних конструкцій коливається від 0,3 до 0,55 м, число голок (зубів) на диску – від 8 до 16, інтервал між кінцями голок від 0,08 до 0,2 м, довжина голок – від 0,08 до 0,2 м;

- якісні показники роботи збільшуються зі збільшенням швидкості руху зброї, зі зменшенням діаметра робочих органів, зі збільшенням ступеня загальмовування (? 1).

5. Дослідження, спрямовані на вдосконалення технології поверхневого обробітку ґрунту, розробка нових ротаційних робочих органів та створення на цій основі високоефективних екологічно безпечних багатофункціональних ґрунтообробних машин є актуальними.

У зв'язку з цим мета цих досліджень – оптимізація процесів боронування посівів озимої пшениці з одночасним підживленням для підвищення якісних показників обробітку ґрунту.

Завдання досліджень:

1. Провести аналіз машин для боронування та підживлення посівів озимої пшениці та визначити перспективний напрямок їх удосконалення;

2. Обґрунтувати конструктивно-технологічну схему МТА для боронування посівів озимої пшениці з одночасним підживленням та розробити математичну модель оптимізації параметрів та режимів роботи МТА;

3. Методом планування трифакторного експерименту оптимізувати конструктивно-технологічні параметри робочого органу для боронування посівів з одночасним закладенням добрив у ґрунт;

4. Встановити залежності критеріїв оптимізації математичних моделей від конструктивно-режимних параметрів машин та умов експлуатації;

5. Визначити економічну ефективність результатів досліджень.

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ АГРЕГАТИВ І ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДЛЯ БОРОНУВАННЯ ПОСІВІВ

2.1 Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми багатофункціонального агрегату для боронування посівів .

Враховуючи, що підживлення озимих є актуальним завданням [5, 7, 19, 20], слід сказати, що ця операція одночасно з боронуванням посівів виконується тільки за кордоном.

Один із способів підживлення прикореневої системи озимих культур виконується зерновими сівалками [5, 7, 9, 12, 21], які деяким чином порушують агровимоги, тому що сівалки типу СЗ-3,6 ушкоджують листя рослини та присипають їх ґрунтом, що не роблять ротаційного. і сітчасті борони. Хоча в обох способів є перевага – це внесення добрив та їх загортання в ґрунт здійснюється одночасно. Залежно від засміченості поля, наявності на ньому пожнивних залишків, а також вологості, пружинні борони можуть порушувати агровимоги за кількістю пошкоджених рослин, у зв'язку з цим краще будуть ротаційні борони, які зараз широко застосовуються при боронуванні посівів як одномашинні знаряддя загортання добрив у ґрунт.

Нами ж пропонується поєднання цих двох операцій на одну. Пропонована технологія включає виконання одночасно двох операцій, таких як внесення добрив (мінеральних) та закладення їх ротаційними боронами типу МРН5,6 у ґрунт. За оціночними показниками вона має досить суттєві переваги, пов'язано це з тим, що більш якісне подрібнення ґрунту на посівах озимих культур голчастими боронами має позначитися на підвищенні врожайності зернових культур, а також поліпшенні фізичних властивостей ґрунту.

На рисунку 2.1 представлена конструктивно-технологічна схема багатофункціонального агрегату для одночасного внесення добрив і боронування посівів, яка включає трактор МТЗ-80 – 1, борону (мотику) ротаційну – 2 і бункер для добрив – 3 з пристосуванням для розкидання їх полю. Головною особливістю навішування бункера на передню навішування в

даному агрегаті є вирівнювання маси ротаційної борони (800-1200 кг) трактора, що навішується на заднє навішування, а також для рівномірного розподілу навантаження по його осях.

Пропонований агрегат може працювати на інших сільськогосподарських культурах і вносити, крім твердих мінеральних добрив, меліоранти та гербіциди з одночасним закладенням у ґрунт. Відповідно до технічної характеристики тракторів, трактор МТЗ-80 можна замінити за необхідності трактором МТЗ-950 оскільки вони ідентичні.

При виконанні технологічних операцій боронування посівів та їх підживлення окремо, збільшуються витрати, що припадають на виробництво продукції, а також погіршується якість робіт. Завдяки цьому з'явилася можливість поєднання технологічних операцій на боронуванні посівів озимої пшениці одночасно з підживленням рослин твердими мінеральними добривами. За виконання двох технологічних операцій за один прохід по полю МТА забезпечує скорочення кількості машин, грошові та енергетичні витрати, капіталомісткість, а відповідно й підвищиться конкурентоспроможність продукції виробництва.

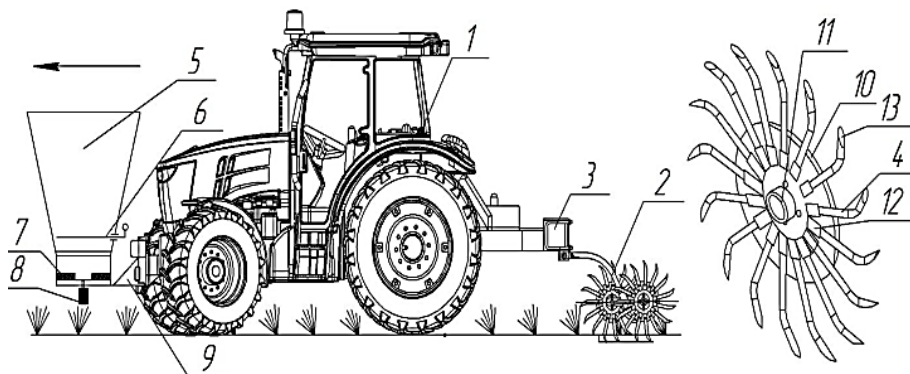


Рисунок 2.1 – Конструктивно-технологічна схема багатофункціонального агрегату. 1 – трактор; 2 – ротаційна борона; 3 – рама; 4 – зуб; 5 – бункер; 6 – заслінка; , 13 - зріз зуба

Технічний результат досягається тим, що в агрегаті для обробки ґрунту з внесенням добрив, що включає робочі органи для обробки ґрунту та внесення добрив, згідно винаходу як робочий орган для обробки ґрунту використана ротаційна борона, що містить раму, на верхній частині якої встановлено

причіпний пристрій з можливістю роз'ємного кріплення до енергозасобу, з опорами, що мають підшипники, що фіксують вал, на якому закріплені плоскі диски з рівномірним кроком, з розміщеними на ньому голками, виконаними з пружинної сталі, де кінець кожної голки забезпечений косим зрізом під кутом α , що не перевищує величини кута тертя сталі про ґрунт, а стрижень голки зафіксований у втулці, закріпленої на диску і фіксований на його периферії, при цьому голка має довжину, що забезпечує показник кінематичного режиму в інтервалі 0,661,0, а як орган для внесення добрив використаний бункер, на бічній частині якого встановлено вузли кріплення для роз'ємного з'єднання з корпусом енергозасобу [7, 11, 12].

Цей багатофункціональний агрегат має наступні очевидні переваги, такі як: створення аерації за рахунок розпушування верхнього шару ґрунту, який особливо необхідний на важких злитих чорноземах; за рахунок раціонального закладення добрив підвищується їх ефективність; зниження витрат; знищення бур'янів у ниткоподібній формі; вивільнення одного трактора за допомогою поєднання технологічних операцій, а також не потрібна організація погодження роботи машин для боронування та внесення добрив.

2.2 Оптимізація параметрів та режимів роботи ротаційного робочого органу для боронування посівів.

Технологічний процес роботи багатофункціонального агрегату, що поєднує в собі кілька операцій виконуваних за один прохід по полю, передбачає наявність у конструкції відповідного набору сільськогосподарських машин.

Багатофункціональний агрегат має бути оснащений робочими органами для розпушування ґрунту на задану глибину та машиною для внесення добрив.

Ротаційні робочі органи для розпушування ґрунту без приводу (пасивні) потребують додаткових теоретичних досліджень, оскільки мають відносно невелику історію свого розвитку. У зв'язку з цим наводяться нижче параметри і режими роботи ротаційного робочого органу для боронування посівів.

Аналіз параметрів ротаційного робочого органу, що обертається в поздовжньо-вертикальній площині. Ротаційний робочий орган з рівномірно розташованими по периметру голками є плоским диском (що обертається в поздовжньо-вертикальній площині). Технологічний процес взаємодії з ґрунтом полягає в тому, що при перекочуванні ротаційного диска в ґрунтовому шарі голка впроваджується в нього, змінюючи і зрушуючи ґрунт у напрямку обертання.

Ступінь розпушування ґрунту, що вільно обертається в поздовжньо-вертикальній площині голчастого диска на осі, залежить від деякої кількості параметрів, таких як: кількості та форми голок, діаметра диска, властивостей ґрунту та поступальної швидкості руху. Виходячи з вищесказаного, інтерес представляє аналітичне дослідження ротаційних робочих органів з точки зору впливу параметрів, розміру диска та голок, розташованих на ньому, на взаємодію їх із ґрунтом у процесі роботи.

Довжина голок, одночасно занурених у ґрунт. При русі голчастого диска, в ґрунт занурено одночасно кілька голок. Для того щоб визначити сумарну довжину голок, одночасно занурених у ґрунт, насамперед необхідно вивести рівняння для визначення довжини заглибленої частини однієї окремо взятої голки [2, 4, 7, 8]. Знаючи глибину обробітку ґрунту та розмір диска, а так само користуючись схемою (рисунк 2.2):

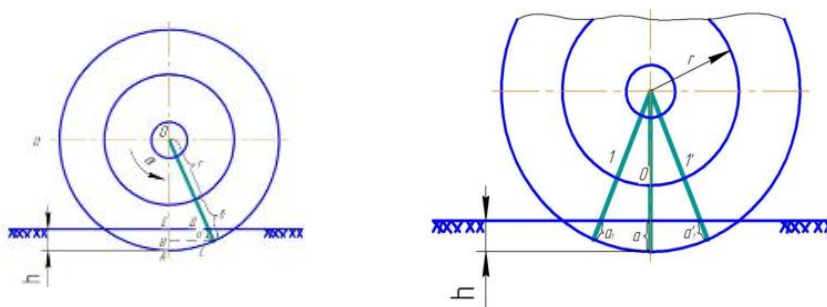


Рисунок 2.2. Схема врівнювання для визначення заглиблення та кількості голок.

Число одночасно заглиблених у ґрунт голок, що припадають на одиницю площі, оброблюваної голчастим робочим органом, є важливим показником, що характеризує інтенсивність його впливу на ґрунт [9, 10, 11, 24, 25].

Знаючи число "m" всіх голок, що знаходяться на диску, знаходимо кут " α " між сусідніми голками:

Для визначення зони, в якій голки плоского диска тією чи іншою мірою занурені у ґрунт, знаходимо кутовий проміжок 2γ .

При розподілі кутового проміжку « 2γ », на кут α отримуємо число голок, що одночасно перебувають у ґрунті:

Аналіз рівняння показує, що зі збільшенням радіуса голчастого робочого органу кількість голок, що одночасно перебувають у ґрунті зменшується, а зі зменшенням радіуса – збільшується (Рисунок 2.3)..

Отже, при проектуванні ротаційних голчастих знарядь необхідно враховувати ці параметри і прагнути зменшення розмірів голчастих дисків, яке супроводжується пропорційним зменшенням маси робочих органів і зброї в цілому, при цьому збільшується щільність наколів, що припадають на одиницю площі ґрунту, отже, зростає ступінь її розпушування.

Кінематика ротаційного робочого органу для боронування посівів. Якісні показники роботи ротаційних робочих органів залежить від різних параметрів. Ґрунт пластичний, тому траєкторія руху центру диска є не відрізками кіл з радіусом, рівним радіусу колеса, а хвилясту лінію з плавними переходами. При цьому кінець голки диска описуватиме хвилясту циклоїду [17, 19].

Щоб зменшити втрати добрив за рахунок випаровування, отвір, утворений голкою, має бути мінімальним. Досягти цього можна в тому випадку, якщо в момент входу голки в ґрунт вектор абсолютної швидкості кінця її буде перпендикулярний поверхні ґрунту [9 , 12].

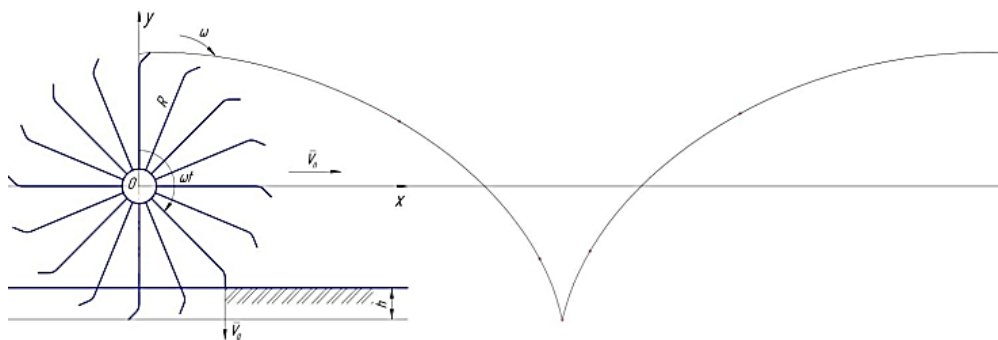


Рисунок 2.3 – Траєкторія руху голчастого диску.

Задавшись різними радіусами голчастого диска, отримаємо ряд значень кінематичного параметра при різній глибині занурення голок в ґрунт.

Результати розрахунків наводяться у таблиці 2.1, за якими будується графік залежності $\lambda = f(R \text{ та } h)$ (рисунок 2.4).

Таблиця 2.1 – Кінематичний параметр залежно від глибини занурення голки у ґрунт та різних радіусів голчастого диска

Радіус диска, R, м	Глибина занурення голки в ґрунт h, м		
	0,04	0,05	0,06
0,25	0,840	0,800	0,760
0,2625	0,848	0,810	0,771
0,275	0,855	0,818	0,782

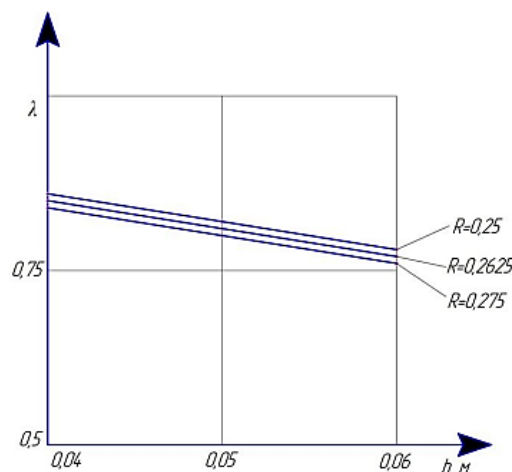


Рисунок 2.4 – Залежність кінематичного параметра від радіусу диска при різній глибині занурення голки в ґрунт.

Отримані результати дозволяють при заданій глибині обробітку ґрунту та заданому радіусі голчастого диска визначити кінематичний параметр.

Визначення координат руху плоского голчастого робочого органу.

Для визначення координат руху кінців голок плоского диска скористаємося схемою (рисунок 2.2). Поточні координати точки кінця голки X, Y та Z (вісь «OZ» спрямована від креслення на нас). Визначаємо координати точки «В», спираючись на теорію ґрунтових фрез [5, 7, 12].

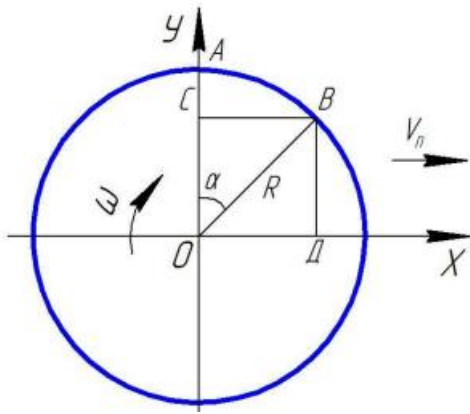


Рисунок 2.5 – Схема визначення координат кінця голки плоского диска
За час "t" центр диска "О" переміститься на відстань: $V_n \cdot t$; де V_n - поступальна швидкість.

Інтенсивність обробки ґрунтового пласта голчастими робочими органами пасивної дії залежить від числа голок (зубів) на диску, розмірів робочого органу по кінцях голок, розмірів голок. Чим більше голок, тим більше наколів на одиниці площі. У той же час, збільшується маса зброї та погіршується прохідність (здатність протистояти забиванню та залипанню вологим ґрунтом та рослинними залишками). За даними різних авторів, і навіть аналізу конструкцій відомих голчастих знарядь інтервал між сусідніми голками коливається не більше 0,10,2 м, а в більшості їх ця величина близька до значення 0,15 м.

Цікавим є визначення залежності інтервалу між кінцями голок від діаметра і числа голок на диску. Кутівий інтервал між кінцями голок визначається із співвідношення [5, 14]:

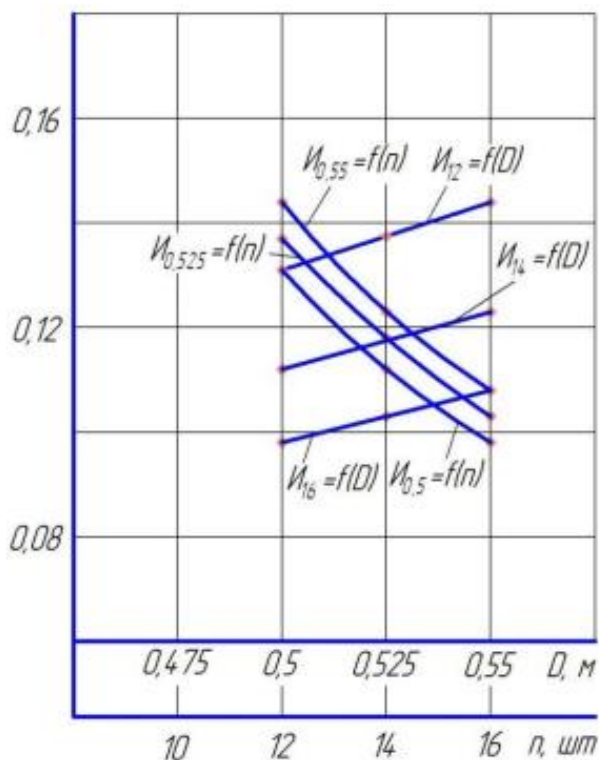
Задаємося числом зубів на диску: $n = 12; 14; 16$ та діаметром диска по кінцях голок: $D_i = 0,5 \text{ м}; 0,525 \text{ м}; 0,55 \text{ м}$. Визначаємо інтервали «I» між кінцями голок та зводимо їх до таблиці 2.2.

За даними таблиці 2.2 будуюмо графіки залежності інтервалу "I" між кінцями голок від діаметра "D" і числа "n" голок на диску (рисунок 2.6).

Аналіз графіків (рисунок 2.6) показує, що зі збільшенням діаметра робочого органу інтервал $I = f(D)$ між голками збільшується за прямою лінійною залежністю, а від збільшення числа голок на диску $I = f(n)$ (при постійному діаметрі) інтервал зменшується за криволінійною залежністю.

Таблиця 2.2 - Розрахунок інтервалів між голками.

D, м	I, м		
	12	14	16
0,5	0,131	0,112	0,098
0,525	0,137	0,118	0,103
0,55	0,144	0,123	0,108

Рисунок 2.6 – Залежність зміни інтервалів між кінцями голок залежно від діаметра $I = f(D)$ та числа голок на диску $I = f(n)$.

З огляду на літературні та патентні джерела відомо, що діаметр голкових дисків у різних конструкціях машин знаходиться в межах 0,30,55 м, а число голок на одному диску – від 8 до 16.

Приймаємо значення діаметра по кінцях голок $D = 0,525$ м, а число голок $n = 14$ шт. З графіка виявляємо, що інтервал між голками $I = 0,118$ м.

Розрахунки показують, що за вибраних параметрах конструкції голчастого робочого органу величина відстані між кінцями голок не виходить за межі відомих конструкцій.

2.3 Оптимізація параметрів МТА для боронування посівів з одночасним внесенням добрив.

Дослідження операцій одна із методів після ухвалення оптимального рішення, метою якого є обґрунтування кількості прийнятих рішень. Оптимальним називається найкраще рішення, своєю чергою рішення – це можливість вибору керованих процесів, що зазначено у навчальному посібнику Бурда А. Р.. Наше ж завдання полягає в оптимізації режимів роботи, а також параметрів багатофункціонального агрегату для боронування посівів з одночасним внесенням мінеральних добрив та їх закладенням у ґрунт. Щоб знайти оптимальне рішення необхідно використовувати системний підхід до вирішення та аналізу цієї проблеми, що є характерною особливістю методу дослідження операцій. Дослідження операцій складається з деякої кількості етапів: 1) постановка задачі; 2) створення матмоделі; 3) вирішення поставленого завдання; 4) реалізація практично.

При побудові математичної моделі ставиться завдання, яка виконується у словесній формі шляхом постановки мети та умови завдання, її можна висловити за допомогою цільової функції та критерію оптимізації.

Цільова функція – це формула для чисельного розрахунку критерію оптимальності. Після вирішення завдання виражаються одним і тим же числом.

Критерій оптимізації – це коефіцієнт якості, яким підбирають варіанти системи і має коригуватися кількісним виміром.

Наше завдання визначити конструктивні параметри МТА (форму зубів диска; діаметр диска борони (м), маса (т), відстань між дисками в ряду (м), місткість бункера для добрив (м³), ширина захвату (м).

Режимні параметри: питомий опір машини та агрегату (кН), необхідна потужність (кВт), питомі витрати сукупної енергії на робочий процес МТА (МДж/га), продуктивність МТА (га/год), глибина обробітку ґрунту (м), робоча швидкість руху (км/год), норма витрати добрив (кг/га), витрата палива (кг/га).

У даному побудові завдання невідомими параметрами є: обсяг бункера для добрив, продуктивність, робоча швидкість руху агрегату, питомі витрати

сукупної енергії, питомий та загальний тяговий опір, маса витрата палива, ширина захоплення агрегату.

Метою нашого завдання є вирішення зазначених параметрів за допомогою критерію оптимізації – мінімум питомих витрат енергії на виконання виробничого процесу боронування посівів пшениці озимої з одночасним підживленням твердими мінеральними добривами.

Задані числові обмеження, що застосовуються у задачі: ширина захвату – не більше 20 м, місткість ємності для добрив – не більше $0,9 \text{ м}^3$, робоча швидкість руху агрегату не більше 20 км/год, допустиме тягове зусилля – 14 кН, довжина гону – не понад 1500 м, потужність двигуна за маркою енергозасобу – 58,2 кВт (трактор МТЗ80), норма внесення добрив – трохи більше 5 т/га.

Другий не менш важливий етап – це побудова математичної моделі. Під час побудови завдання процесу моделювання необхідно уточнити список його характеристик та проаналізувати взаємозв'язки основних параметрів. Всі характеристики повинні відображати сутність процесу, що моделюється, а так само піддаватися чисельному виміру, але, для того щоб не робити нашу розробку матмоделі важкою не втратити в дрібницях і деталях її суть. При цьому не варто забувати правило Беллмана Р. Американського математика – «не переспрощувати і переускладнювати».

Показник системи чи процесу – це певна величина, яка характеризує той чи інший стан чи властивість, що суть чи основу моделіруемого процесу. У математиці під параметром мають на увазі величину, значення якої виражено у вигляді постійного числового значення і протягом рішення поставленої задачі зберігається.

Створення матмоделі та запис її формі структури. Бурда А. Г. у своїй роботі зазначає, що при побудові матмоделі поставленого завдання, необхідна побудова схеми або спеціальної таблиці, в якій всі режимні, технологічні, конструктивні, а також інші умови, і вимоги виражені у вигляді системи нерівностей рівнянь, вони об'єднані цільовою функцією. Послідовність розробки

математичної моделі: спочатку вводять систему змінних, потім записують систему обмежень, та був – цільову функцію.

До основних показників змінної моделі відносяться:

B_{ag} - робоча ширина захвату агрегату, м; $B_{ag} = 1 \div 20$; V_p – робоча швидкість руху іго агрегату, км/год; $V_p = 1 \div 20$; V_b - місткість бункера для добрив, м³; $V_b = 0,5 \div 0,9$; L_p – робоча довжина гону, м; $L_p = 500 \div 1500$.
Константи моделі – це відомі постійні.

Відомі постійні константи моделі:

G_{tr} - маса трактора, т ($G_{tr} = 3,85$ т); E_t - енергетичний коефіцієнт палива едт, МДж / л; N_e – номінальна потужність двигуна трактора, кВт (у нашій задачі прийнято трактор МТЗ-80, у якого $N = 58,2$ кВт); T – річне завантаження трактора, год ($T = 1095$ год); η – коефіцієнт використання тягового зусилля трактора на боронуванні ($\eta_u = 0,9$); $T_{гсхм}$ - річне завантаження машини, год,

При побудові цільової функції та моделюванні прямих витрат сукупної енергії нами використані допоміжні обмеження. Так як мінімальна питома витрата палива (кг/кВт/год) для кожної передачі трактора різна, тому необхідно встановити діапазон швидкості, коли витрата буде мінімум, (див. блоксхему алгоритму оптимізації параметрів та режимів роботи нашого МТА оператор № 9).

q – прискорення вільного падіння, м/с² та режимів МТА для боронування посівів з одночасним підживленням ($q = 9,81$ м/с²);

ΔK – темп наростання питомого опору агрегату залежно від швидкості руху агрегату, %;

m_{My} – питома маса навісної машини, т/м; $m_{My} = 0,1500,250$ т/м);

K – коефіцієнт питомого опору агрегату при швидкості руху 5 км/год та глибині обробки 5см, кН/м ($K = 1,0$ кН/м);

$\sin \alpha$ – синус кута підйому місцевості, α град ($\alpha = 0^\circ$).

При максимальному η_u (ККД) трактора його тягова потужність (кВт) буде максимальною, а питома витрата палива q_e прагнучиме до мінімуму, що вплине на зниження прямих енерговитрат згідно з формулою розрахунку питомих

сукупних витрат енергії E_{agr} (оператор № 9, Рисунок 2.8). Мінімальні питомі сукупні витрати енергії оптимізуються виразами B_{ag} , V_p , V_b , E_{agr} , які впливають на ресурсозберігаючий діапазон потужності.

Приймаючи прийнятне відхилення E_{agr} мінімальних сукупних витрат енергії, отримуємо деяке компромісне значення тягової потужності N_{ag} та продуктивності, що забезпечує приріст продуктивності агрегату W на порядок вище порівняно з оптимальним рішенням E_{opt} . Розрахунки даних показали, що мінімальні витрати енергії E_{min} відхиляються від практичних приблизно 5% ($E_{agr} = 0,5 E_{min}$). Але при цьому спостерігається приріст продуктивності W на 20-30% за рахунок вигнутості графіка залежності $E_{agr} = f(N_{ag})$ в області мінімуму.

Отриманий діапазон сукупних витрат енергії та компромісних значень тягової потужності та продуктивності W агрегату повністю прийнятний для отримання максимальної продуктивності при деякому зниженні ефекту від E_{min} і виконанні робіт. Своєчасне виконання прийому боронування з одночасним підживленням дає збільшення врожаю зерна [12], яка відшкодовує невеликий приріст E_{agr} витрат сукупної енергії агрегату. Професором Зангієвим А. А., для боронування ґрунту встановлено деякі рекомендовані інтервали ресурсозберігаючих потужностей двигуна тракторів

$N_{opt} \div N_{компр}$. За деякого збільшення ΔC наведених витрат на виконання робіт при $\Delta C = 0,05 C_{min}$.

За оптимальних умов виконання технологічних операцій (відсутні складності погодних умов, проблеми нестачі кадрів механізаторів, переущільнення ґрунту та ін.) потужність обраного трактора рекомендується [5, 25] вибрати по лівій половині інтервалів значень потужності, показаних у таблиці 2.3 та якомога ближче до оптимальної N_{opt} .

Таблиця 2.3 – Рекомендовані діапазони значень ресурсозберігаючих технологій

Технологічна операція	Діапазон значень потужності, кВт, при довжині гону, м			
	300-400	400-500	500-1000	більше 1000
Оранка важких ґрунтів	76-134	80-145	90-168	117-230
Боронування ґрунту (зубове)	26,41	32-52	37-61	43-45

За таблицею 2.3 із правої частини вибираємо трактор за потужністю з урахуванням того, що він може виконувати боронування у складних умовах. На наш погляд, недоліком рекомендацій поданих у таблиці 2.3 є суб'єктивний підхід до неточного прийняття рішення. Тим самим воно допускає не більше 5% прийнятну помилку мінімальних сукупних витрат енергії та продуктивності. За запропонованою моделлю після того, як будуть здійснені остаточні розрахунки з оптимізації параметрів, необхідно перевірити теоретичну та експериментальну збіжність даних.

Завершення розрахунку буде визначення фактичних даних коефіцієнтів тягового зусилля при використанні трактора η_t та завантаження його двигуна η_z :

Роботу можна буде вважати закінченою в тому випадку, якщо збігатимуться теоретичні та експериментальні дані, а величина коефіцієнтів η_t та η_z при цьому повинна знаходитися в межах 0,8...0,9. При невідповідності даної межі необхідно уточнити масу трактора m шляхом балансування його противагами, також режим роботи зміни робочої швидкості при русі в інтервалі V_{opt} .

За методикою ми розрахували оптимальні параметри запропонованого МТА (таблиця 2.4).

Таблиця 2.4 - Оптимальні параметри, розраховані за нашою методикою

Варіанти розрахунків	Оптимальні значення				
	тягове зусилля	Буксування $\delta_{\text{опт}}$	робоча швидкість V_p , км/год	ширина захоплення агрегату $B_{\text{аг}}$, м	ККД трактора
Пропонована нами методика	7,5	0,18	6,5	6,7	0,9

Висновки до розділу

1. У результаті досліджень обґрунтовано конструктивно-технологічну схему МТА для боронування посівів з одночасним внесенням твердих мінеральних добрив. Розроблено економіко-математичну модель та алгоритм оптимізації його параметрів та режимів роботи.

2. Отримано залежності коефіцієнта використання робочого часу зміни МТА від робочої швидкості агрегату V_p при різних довжинах гону L_p та місткості бункера для мінеральних добрив V_b .

3. На підставі аналітичних досліджень ротаційного голчастого диска теоретично вивчена його кінематика, залежність кінематичного параметра від радіуса диска R при різній глибині обробки h , (при збільшенні радіуса диска кінематичний параметр зростає, а при збільшенні глибини обробки знижується), координати руху диска, кількість голок на ротаційному диску, а також їх кількість, що одночасно перебувають у ґрунті.

3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.

3.1 Програма досліджень

Мета експериментальних досліджень – перевірити достовірність теоретичних розробок. Це стосується процесу поверхневого обробітку ґрунту: рівномірності глибини обробітку ґрунту, якості кришення, визначення енергетичних витрат та питомого опору пропонованого робочого органу [4, 5, 9, 12].

Програмою експериментальних досліджень передбачалося виконання наступного обсягу робіт:

- визначення фізико-механічних властивостей ґрунту (ступінь кришення та ін);
- визначення сили опору експериментальної секції ротаційної борони та робочого органу за його різних діаметрів та кількості голок (зубів) на ньому (рисунок 3.1);



Рисунок 3.1 – Зовнішній вигляд експериментальних ротаційних робочих органів: $n=12$ шт; $n=14$ шт; $n=16$ шт; Діаметр кожного диска $D = 500, 525, 550$ мм.

- визначити експлуатаційні та енергетичні показники, а саме: швидкість руху агрегату, продуктивність, витрата палива, енергоємність;
- порівняти машини для внесення мінеральних добрив та провести порівняльні випробування щодо техніко-економічних, якісних та енергетичних показників щодо виконання технологічної операції боронування з одночасним внесенням твердих мінеральних добрив [26, 35, 36].

3.2 Методика планування багатофакторного експерименту з обґрунтування робочого органу для боронування посівів .

Незалежні змінні (S, t) теоретично експерименту називаються чинниками, а функцією відгуку – залежні змінні P . Рівнями називаються – значення, які приймають чинники. План експерименту використовують для того, щоб визначити коефіцієнти в математичній моделі, при цьому кожен фактор може варіювати на кількох рівнях (наприклад, на трьох) – нижньому, верхньому та середньому. У свою чергу, у факторі верхній і нижній рівні обмежують область для визначення функції відгуку P .

У нашому випадку план експерименту складатиметься з 27 дослідів ($N = 3^3 = 27$), тому що на кожному з трьох факторів є три рівні.

Обробити результати дослідів буде простіше, якщо значення факторів, що знаходяться в натуральному масштабі, привести до нормованих змінних, де нижній фактор набуває значення – (1), середній – (0) та верхній – (+1) [3, 13].

З використанням нормованих змінних (X_1, X_2, X_3) план експерименту буде представлено вигляді таблиці 3.1. Досвід повторюється кілька разів для збільшення точності матмоделі.

Таблиця 3.1 - План трьох факторного експерименту [1, 13, 27, 28].

№ досліду	X_1	X_2	X_3	P
1	-1	-1	-1	P_1
2	0	-1	-1	P_2
3	+1	-1	-1	P_3
4	-1	0	-1	P_4
5	0	0	-1	P_5
6	+1	0	-1	P_6
7	-1	+1	-1	P_7
8	0	+1	-1	P_8
9	+1	+1	-1	P_9
10	-1	-1	0	P_{10}
11	0	-1	0	P_{11}

12	+1	-1	0	P12
13	-1	0	0	P13
14	0	0	0	P14
15	+1	0	0	P15
16	-1	+1	0	P16
17	0	+1	0	P17
18	+1	+1	0	P18
19	-1	-1	+1	P19
20	0	-1	+1	P20
21	+1	-1	+1	P21
22	-1	0	+1	P22
23	0	0	+1	P23
24	+1	0	+1	P24
25	-1	+1	+1	P25
26	00	+1	+1	P26
27	+1	+1	+1	P27

Для того щоб перейти до логарифмів змінних (нових змінних), необхідно моделі привести до лінійного вигляду,

При розгляді планів другого порядку, моменти дорівнюватимуть величині матриці, коли вона приймає найбільше значення [5, 6]. При вивченні впливу факторів користувалися відомою методикою за планом типу B_k , де зоряні точки дорівнюють ± 1 . За критерієм Фішера перевіряли адекватність отриманої моделі [5, 9, 19].

Оптимальні значення факторів дослідження визначали за отриманою мат-моделі другого порядку, а також за допомогою двовимірних перерізів.

Аналіз рішення мат-моделі, оптимальні значення досліджуваних факторів за властивостями поверхні відгуку та двовимірних перерізів представлений у 4 розділі.

3.3 Результати дрібно-ділянкового польового дослід з обґрунтування робочого органу та технології боронування посівів.

Проведення польового дослід теоретичні дослідження із практикою. Результати таких досліджень можуть бути переконливою основою для впровадження нових засобів, що підвищують урожайність – сортів, агротехнічних прийомів, добрив. При проведенні експериментів широко використовуються лабораторні та польові дослідження, спостерігаючи за рослинами та факторами навколишнього середовища.

До завдань наших досліджень входить поєднаний варіант підживлення та боронування посівів озимої пшениці, що не враховується у рекомендованих системах землеробства.

Для закладки дослід обрано ділянку, засіяну пшеницею озимої сорту Баграт, схема дослід наведена на рисунку 3.2. Вид ґрунту - Західнопередкавказький вилужений чорнозем, попередник - кукурудза на зерно, основна обробка ґрунту дискування стерні в два сліди на глибину 10-12 см. Під основну обробку добрива не вносилися і тільки на весняному підживленні були внесені азотні добрива з 5 кг. . Засміченість посівів була відсутня, густина стояння пшениці становила 3,96 млн. сходів на 1 га, наявність пожнивних залишків на полі 323 г/м², твердість ґрунту в шарі 0-5 см склала 0,14 МПа, у шарі 5-10 см – 0,53, Вологість ґрунту в шарі 0-10 см склала 26,4% [16].

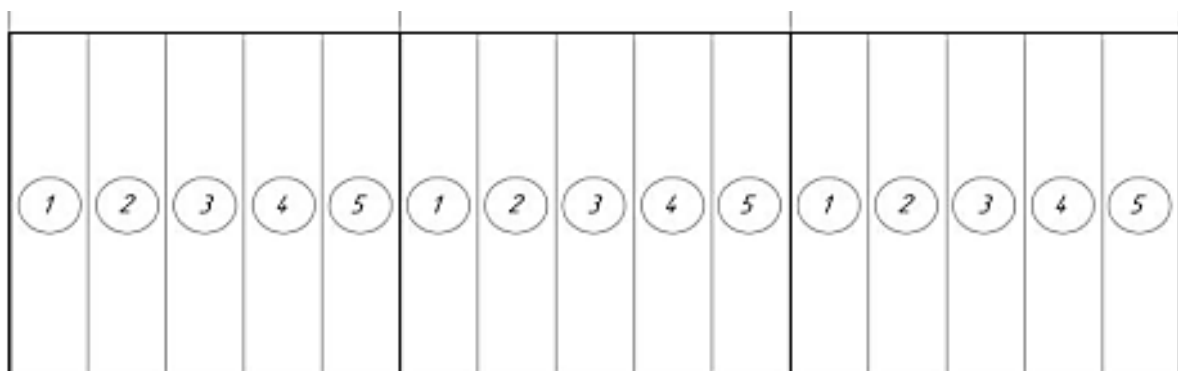


Рисунок 3.2 – Схема дослід на боронуванні посівів пшениці озимої різними машинами. 1 – ротаційна борона з активним розташуванням зуба; 2 – ротаційна борона з пасивним розташуванням зуба; 3 - борона ЗБП 0,6 ; 4 – контроль (без боронування); 5 – сівалка «Клен1,5».

Боронування виконували з використанням виготовленої нами експериментальної установки (рисунок 3.3).



Рисунок 3.3 – Експериментальне встановлення для проведення досліджень: а) загальний вигляд експериментальної установки; б) МТА для боронування посівів з одночасним підживленням.

Експериментальний зразок агрегували із трактором МТЗ-80. Досвід було закладено у триразовій повторності [4, 8, 16], за схемою досліду представленої рисунку 3.2, у своїй розташування ділянок було систематизовано.

По кожному з варіантів досліду, крім контролю, були проведені виміри робочої швидкості руху, структурно-агрегатного складу ґрунту, глибини обробки з визначенням його рівномірності, а також визначення тягового опору робочих органів за допомогою динамометрування. Результати перевірки рівномірності глибини обробки ґрунту різними робочими органами на боронуванні посівів озимої пшениці наведено у таблиці 3.3.

З таблиці 3.2 видно, що за варіантами досліду помилка вибіркової середньої не перевищила 4,7 %, найменша глибина обробки виявилася у посівної борони, яка склала – 17,1 мм, потім пасивне розташування дисків ротаційної борони – 27,5 мм, далі сошники зернової сіялки «Клен 1,5 » – 32,6 та диски ротаційної борони з активним розташуванням – 45,9 мм. При цьому нерівномірність глибини обробки, згідно з коефіцієнтом варіації V , має гарне та задовільний значення (11,221,1), крім посівної борони, де він становив 33,3%.

Під час проведення досліду робоча швидкість руху перебувала не більше 5...15 км/год.

Таблиця 3.2 – Рівномірність глибини обробітку ґрунту при боронуванні посівів за варіантами *.

Варіанти досліду	Математичне очікування, M_{cp} , мм	$\pm\sigma$, мм	V, %	P, %
1.Ротаційна борона з активним розташуванням зубів	45,9	5,13	11,2	1,6
2. Ротаційна борона з пасивним розташуванням зубів	27,5	4,6	16,7	2,4
3. Зубна посівна борона ЗПБ 0,6	17,1	5,7	33,3	4,7
4. Зернова сівалка «Клен 1,5 »	32,6	6,9	21,1	3,0

* σ – середньоквадратичне відхилення; V – коефіцієнт варіації; P – відносна помилка середньої.

Назва та тип ґрунту за гранулометричним складом взяті з ґрунтової карти господарства, де проводилися випробування. За величиною грудок ґрунту отримували фракції відповідно до ГОСТ 209152011 [2].

Згідно з вимогами ДЕРЖСТАНДАРТ по діагоналі оброблюваної ділянки совком відбирали п'ять проб масою не менше 1,5 кг і в межах глибини обробки, за якими надалі розглядали агрегатний склад.

Відібрані проби ґрунту в лабораторних умовах доводили до повітряно-сухого стану. Висушені проби висипали на верхнє сито набору сит з діаметрами отворами 10; 7; 5; 3; 2; 1; 0,5; 0,25мм. Перед просіюванням грудки ґрунту понад 10 мм з верхнього сита розподіляють вручну на фракції, мм: великі грудки 10...20; дрібні брили 21...50.

Висипавши ґрунт на набір сит і закривши кришку, протягом 23 хв ґрунт просіювали (без струшування) на грудки (агрегати) різного розміру. З зазначеного набору сит допускається використовувати для просіювання тільки ті, які забезпечують отримання розміру фракцій відповідно до вихідних вимог на ґрунтообробні машини за якістю обробки ґрунту. Після чого вміст кожного сита та піддону, що знаходиться під ними, зважували та визначали масову частку кожної фракції від маси проби. Похибка зважування – (+5 г).

Дані сухого просіювання ґрунту експериментальної ділянки за Савіновим показують до 25% вміст глибистих агрегатів ($> 10\text{мм}$) у верхньому шарі ущільненому чорноземів. До 73% кількість агрономічно цінних агрегатів розміром $0,25/10,0\text{ мм}$, і до 2% ерозійно-небезпечних частинок менше $0,25$.

Після обробки ґрунту пропонованим ротаційним робочим органом структурно-агрегатний склад ґрунту значно покращився: кількість глибистих агрегатів знизилася до 10,1 %, вміст агрономічно цінних агрегатів підвищився до 89,4 % і до 0,5 % ерозійно-небезпечних частинок менше $0,25$.

Глибину відбору проби вологисть встановлювали залежно від призначення машини. Зразок ґрунту із заданого шару від 0 до 5 см у кожній повторності висипали в тару, ретельно перемішували та насипали ґрунт масою 3040 г у кожний з двох алюмінієвих пронумерованих та заздалегідь зважених бюксів. Після чого закривали їх щільно кришками, номери бюксів записували та направляли до лабораторії для зважування. Бюкси відкритими поміщали в сушильну шафу. За різницею маси бюксів з ґрунтом до сушіння та після сушіння визначали кількість води, що міститься у навішуванні ґрунту.

Твердість ґрунту визначали електронним пенетрометром, що дозволяє автоматично записувати дані вимірювань, що дозволяє знизити тимчасові витрати на дослідження ґрунту. Вимірник ущільнення ґрунту SC 900 з ультразвуковим датчиком глибини вимірює опір проникненню за допомогою динамометра, додатково вимірюючи глибину проникнення щупа за допомогою ультразвукового датчика. При зануренні щупа датчик посиляє імпульси, вловлює відбиті від землі і по тимчасовій різниці визначає дистанцію. Запам'ятовуючий пристрій дозволяє проводити вимірювання з прип'язкою до координат місцевості.

3.4 Результати динамометрування робочих органів боронування посівів.

В даний час при проведенні в сільськогосподарському виробництві різних робіт витрати на дизпаливо становлять 12 ... 16% від їх собівартості, у зв'язку з цим велика увага приділяється ресурсо- та енергозберігаючим технологіям та

техніці. За рахунок цього енергетична оцінка машин підвищує свою роль і значення і дозволяє визначити витрату палива як баланс потужності тракторного агрегату, а й витрата палива, як у одиницю оброблюваної площі, і на одиницю продукції.

Динамо-метрування робочих органів борони проводилося згідно з ГОСТ Р 527772007 «Техніка сільськогосподарська. Методи енергетичної оцінки». Дані питомого опору визначали за результатами вимірювань кожному з режимів роботи у своїй виміри проводилися щонайменше чотири рази і тривалістю щонайменше 20 з. Також було проведено такі виміри: час, тяговий опір сільськогосподарської машини під час виконання технологічних операцій, довжину шляху, пройденого сільськогосподарською машиною під час виміру.

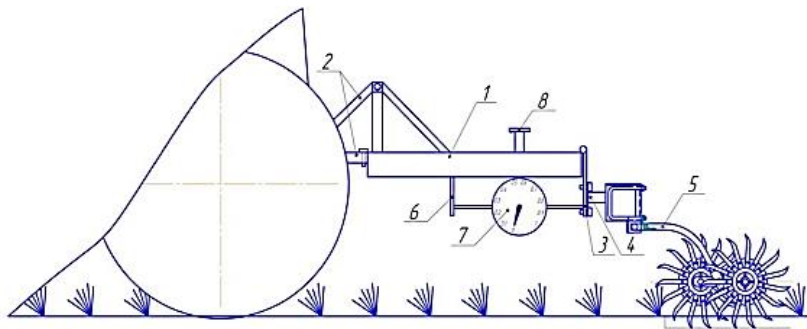


Рисунок 3.4 – Технологічна схема експериментальної установки визначення енергетичних показників секції ротаційної борони. 1 – динамометрична рамка, 2 – гідронавішування трактора, 3 – шарнірна ланка, 4 – кронштейн, 5 – секція борони, 6 – кронштейн, 7 – динамометр, 8 – відеокамера з прискореною зйомкою.

Для проведення польових досліджень нами було виготовлено експериментальну установку [5, 6] (рисунок 3.5), за допомогою якої проводилися виміри величини сили опору секції ротаційної борони при обробці озимих посівів [3, 8, 16, 25].

Установку навішували трактор тягового класу 1,4. Відстань ділянки, що дорівнює 100 м, відміряли рулеткою і фіксували кілочками (початок і кінець).

Пристрій працює в такий спосіб [6, 14]. У процесі обробітку ґрунту енергетичний засіб переміщає установку. У цей момент відбувається заглиблення секції ротаційної борони 5 у ґрунт на глибину обробки ґрунту. Сили опору, що діють на секцію ротаційної борони 5, змушують відхилитися

шарнірну ланку 3 у бік, протилежну напрямку руху, сили, що діють на секцію ротаційної борони 5, передаються динамометру 8 де відеокамера з прискореною зйомкою фіксує показання динамометра в процесі (Рисунок 3.5).



Рисунок 3.5 – Експериментальна установка визначення енергетичних показників секції ротаційної борони; 1 – динамометрична рамка, 2 – гідронавіска трактора, 3 – шарнірна ланка, 4 – кронштейн, 5 – секція борони, 6 – кронштейн, 7 – динамометр, 8 – відеокамера з прискореною зйомкою.

Висновки щодо розділу.

1. Розроблено програму експериментальних досліджень, за якою були визначені наступні показники: фізико-механічні властивості ґрунту, сили опору експериментальної секції ротаційної борони та робочого органу при його різних діаметрах та кількості голок (зубів) на ньому, експлуатаційні та енергетичні показники, а саме: швидкість руху агрегату, продуктивність, енергоємність.

2. Для оцінки факторів робочого диска ротаційної борони та їх взаємодії використано повний факторний експеримент, отримано його математичну модель другого порядку. Перевірено адекватність отриманої моделі за критерієм Фішера, де табличне значення 3,7, а розрахункове – 2,99, що підтверджує адекватність моделі.

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Аналіз травмонебезпечних факторів у процесі використання ротаційної борони з одночасним підживленням мінеральними добривами.

У процесі використання ротаційної борони та підживлення мінеральними добривами, внаслідок порушення правил експлуатації та інструкцій з техніки безпеки, помилок обслуговуючого персоналу, несправного технічного стану машин, виникають небезпечні фактори, які можуть призвести до травмування:

- під час перекидання машин на нерівних частинах дороги, поворотах, на ухилах більше 20°;
- під час наїзду машин на людей, які відпочивають у невстановлених для цього місцях: під машинами, причепами;
- під час травмування деталями, що обертаються, розкидних дисків, ходової частини;
- під час захоплення одягу, взуття, частин тіла людини відкритими робочими органами чи їх приводами (транспортера, розкидачем дисків під час очищення і обслуговування), карданною передачею, маховиком;
- від механічної дії рухомих частин машин і механізмів, а також використання несправного інструменту.

Безпека праці забезпечується:

- виконанням правил технічної експлуатації машин і механізмів;
- дотримання вимог і правил допуску обслуговуючого персоналу до роботи;
- правильним регулювання сидінь по масі і росту машиніста;
- організацію безпечного переведення обслуговуючого персоналу на місце роботи і назад;
- виконання чинних правил з техніки безпеки, пожежної безпеки. 35

4.2. Розроблення моделей травмонебезпечних та аварійних ситуацій під час використання ротаційної борони та підживленням мінеральними добривами.

Під час виконання технологічного процесу та використання ротаційної борони з підживленням мінеральними добривами виникає значна кількість небезпечних (аварійних та травмонебезпечних) ситуацій з наслідками у вигляді

аварій і травм працюючих. Серед ситуацій, які спостерігаються, можна виділити найбільш типові – це перекидання трактора, транспортних засобів, наїзди транспорту на відпочиваючих у полі людей, дорожньо-транспортні пригоди, захват одягу або частин тіла рухомими деталями машин, падіння людей з трапів, драбин, транспортних засобів, удушення людей сипкими матеріалами (мінеральними добривами, ґрунт), опіки, ураження струмом при пошкодженні ізоляції тощо.

У процесі формування, виникнення аварій та виробничих травм усі випадкові події (явища), що утворюють конкретну аварійну або травмонебезпечну ситуацію, пов'язані між собою причинно-наслідковими зв'язками. В них є початкові, проміжні та кінцеві події [4]. У результаті на схемах процесів пробігу випадкових подій, починаючи з початкових і закінчуючи кінцевими, показу причинно-наслідкових зв'язків ми одержимо логічні моделі процесів, що вивчаються. Кожна логічна модель процесу формування та виникнення небезпечної або аварійної ситуації складається з певної кількості випадкових подій, які між собою можуть бути статично залежними або незалежними. Статично залежні події – це такі, коли поява наступної неможлива без виникнення попередньої. Якщо кожна з двох подій, що входять до однієї моделі, можуть зв'язатися незалежно одна від одної, то такі моделі є статично незалежними. Як правило, у таких моделях незалежно випадкові події одна відносно одної розміщуються паралельно, а залежні – послідовно. Причинно-наслідкові зв'язки зображені стрілками, які, крім того, ще показують напрямок протікання (перебігу подій). На рис.4.1. зображено моделі формування і виникнення травмонебезпечних і аварійних ситуацій під час виконання процесу підживлення мінеральними добривами. В результаті аналізу отриманої моделі пропонується наступні заходи запобігання небезпечних ситуаціям:

- 1) організувати постійний контроль за трактором перед виходом у рейс;
- 2) не допускати до роботи трактор без гальм;

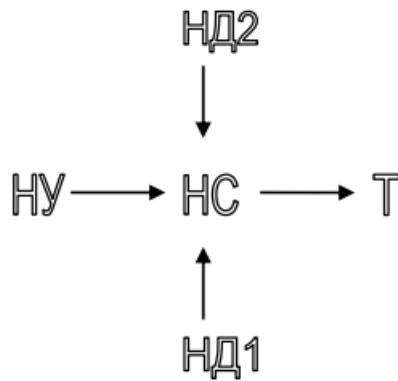


Рис. 4.1. Модель процесу формування та виникнення травмонебезпечної ситуації під час експлуатації трактора без гальм: НУ – небезпечна умова (трактор експлуатується без гальм); НД1 – небезпечна дія (перевищення швидкості руху); НД2 – небезпечна дія (різкий поворот); НС – перекидання трактора - небезпечна ситуація); Т – травма, аварія.

4.3 Техніка безпеки при застосуванні різних видів мінеральних добрив

При роботі з добривами всі робітники повинні чітко дотримуватися правил техніки безпеки і охорони праці.

До роботи з добривами допускаються особи яким виповнилося 18 років. Всі робітники (спеціалісти, механізатори, вантажники тощо) перед початком роботи з добривами повинні пройти інструктаж з техніки безпеки і охорони праці.

Правила техніки безпеки і санітарні правила при роботі з добривами вивішуються в приміщенні складу.

Відстань від складів збереження мінеральних добрив і пестицидів до житлових і суспільних будинків і підприємств по переробці і збереженню харчових продуктів повинна бути не менш 500 м, а до об'єктів, не пов'язаних з постійним перебуванням людей (за винятком підприємств по переробці і збереженню харчових продуктів), - 200м. Склади, призначені для збереження мінеральних добрив, розташовують від житлових і суспільних будинків на відстані не менш чим 200 м.

Під час роботи з добривами на складі і за його межами всі робітники повинні надіти рекомендований для даного виду роботи спецодяг: комбінезон, рукавиці, окуляри, респіратори або (при роботі з аміачною селітрою) протигази.

При виникненні пожежу полум'я гасять лише водою. При гасіння пожежу необхідно користуватися протигазом, щоб уникнути отруєння окисами азоту, що виділяються.

Під час внесення добрив не дозволяється знаходитись поряд з робочими органами машин, а при роботі дискових розкидачів ближче 50—80 м від них. Завантаження машин добривами слід проводити лише при повній її зупинці.

Всі приводи машини повинні бути закриті щитами. Змащування і регулювання робочих органів слід проводити лише при повній зупинці машини і виключеним двигуном трактора. Не дозволяється сидіти на машині і знаходитися між трактором і машиною при транспортуванні і внесенні добрив. Швидкість руху машин при внесенні добрив не повинна бути вища встановленої технічними умовами. В транспорті з добривами заборонена перевіз людей, харчових продуктів, питної води і предметів домашнього використання.

При транспортуванні незатарених сипучих мінеральних добрив з метою запобігання їхніх втрат кузова автомашин і причепів повинні бути герметизовані й укриті брезентом. При безперервній роботі з добривами рекомендується робити 5-ти хвилинні перерви через кожні півгодини роботи в респіраторі.

По закінченню роботи слід прийняти душ або ретельно вимитися з милом. На місці роботи постійно повинен бути запас чистої води і аптечка.

При потрапленні добрив в очі слід промити їх великою кількістю чистої води і звернутися в медпункт, а при опіку - промити обпечені місця сильним напором води, обробити 5%-ним розчином спирту і накласти марлеву пов'язку.

Чітке дотримання правил техніки безпеки і необхідних санітарних правил є непорушною умовою правильної організації праці при роботі з добривами.

РОЗДІЛ 5. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

5.1 Оптимальні параметри та режими роботи робочого органу ротаційної борони.

На максимальній довжині гону має місце максимальна продуктивність агрегату. Ця закономірність зберігається всім видів агрегатів через зниження числа холостих проходів.

Встановлено, що значення продуктивності МТА для агрегату МТЗ-80 + МРН змінюється при довжині гону 1000 м із шириною захвату машини $V_{\text{ар}} = 6,7$ м в інтервалі $W = 2,65-9,18$ га/год; при ширині захвату машини $V_{\text{ар}} = 6,7$ м з об'ємом бункера $0,7 \text{ м}^3$, W змінюється в інтервалі $2,56-9,52$ га/год; а при довжині гону 1000 м з об'ємом бункера $0,7 \text{ м}^3$ W змінюється в інтервалі $2,01-19,66$ га/год.

Встановлено, що значення коефіцієнта використання робочого часу зміни МТА для агрегату МТЗ-80+МРН 6 варіює в інтервалі $= 0,59-0,80$ при довжинах гону 500-1500 м з бункером $V_{\text{б}} = 0,7 \text{ м}^3$, при довжині гону 1000 м в $0,50,9 \text{ м}^3$ змінюється в інтервалі $0,66-0,79$, а при довжині гону 1000 м залежно від ширини захвату змінюється в інтервалі $0,49-0,80$.

5.2 Вплив розроблених робочих органів борони на врожай озимої пшениці.

Ротаційні борони вже широко використовуються у сільському господарстві. Пропонована нами конструкція диска ротаційної борони принципово відрізняється від серійних [5, 8, 26]. Нова конструкція зуба ротаційної борони забезпечує якісне подрібнення верхнього шару ґрунту, (особливо в ранньовесняний період, коли ґрунт переущільнюється на більшості типів чорноземів). Крім того, знищуються проростки бур'янів і видаляються пагони рослин, що відмерли, озимої пшениці. Ще одна особливість конструкції розробленого зуба полягає в тому, що він усуває інтенсивне відкидання частинок ґрунту при роботі борони, знизивши рахунок втрати ґрунтової вологи.

Відповідно до програми досліджень (розділ 3 «Програма та методика експериментальних досліджень») нами закладено дослід щодо впливу розроблених робочих органів борони на врожай озимої пшениці. Згідно з методикою досліджень (розділ 3) порівнювали пропоновану технологію боронування посівів пшениці з одночасним підживленням і базову з роздільним виконанням зазначених операцій. Обробка ґрунту на дослідній ділянці проводилася після збирання соняшнику дворазовим проходом важкої дискової борони. Перед посівом пшениці проведена суцільна культивування культиватором КПС 4 і потім посів пшениці зерною сівалкою СЗ-3,6 з одночасним внесенням стартової дози фосфорних добрив. Боронування посівів ранньою весною з одночасним підживленням азотними добривами проводилося у фазі кушіння рослин. Збирання врожаю пшениці методом пробних снопів на дослідній та контрольній ділянках проводилося 11 липня [1,16]. Результати математичної обробки даних дослідження представлені у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Порівняльні результати дрібноділянкового дослідження щодо впливу на врожай пшениці пропонованої ротаційної борони.

№ п /п	Варіанти технологій	Врожайність зерна, ц/га за повторностями			Збільшення врожаю, ц/га	НСР05
		1	2	3		
1	Дослід	61,2	60,8	60,3	1,77	0,71
2	Контроль	59,3	59,1	58,6	—	—

Аналіз отриманих результатів (табл. 4.1) дозволяє зробити висновок про переваги запропонованої технології боронування посівів пшениці озимої з одночасною підживленням мінеральними добривами. Збільшення врожаю зерна порівняно з контролем становило 1,77 ц/га, або 2,95 %, і суттєво перевищило найменшу суттєву різницю 0,71 ц/га.

Таким чином, запропонована технологія боронування озимої пшениці в ранньовесняний період у фазу кушіння з одночасним підживленням посівів значно ефективніше за застосовувану базову технологію, забезпечуючи істотне збільшення врожаю.

Пропонована технологія реалізується розробленим багатофункціональним агрегатом (МТА), що агрегатується з трактором МТЗ-80.

5.3 Економічна ефективність МТА для боронування посівів з одночасним підживленням.

Згідно з ДСТУ 530562008 - Техніка сільськогосподарська. Методи економічної оцінки», проводили розрахунок економічної ефективності пропонованої технології, а також МТА для боронування посівів пшениці озимої з одночасним внесенням твердих мінеральних добрив. (таблиця 5.2)

Таблиця 5.2 – Економічна ефективність проектованої системи механізації підживлення озимих з одночасним боронуванням

Показник	Технологія		Ефект	
	діюча	пропонована	абсолютний	відносний %
Витрати праці, люд/год / га	0,29	0,27	-0,02	-6,9
Продуктивність праці, га/ люд.	3,5	3,65	0,15	4,2
Експлуатаційні витрати, грн./ га	1791,8	1669,1	-122,7	-6,9
В тому числі: оплата праці	45,5	43,6	-1,9	-4,2
амортизація	878,7	783,6	-95,1	-10,9
ремонти та ТО	772,8	766,7	-6,1	-0,8
паливно-мастильні матеріали	93	73,5	-19,5	-21
інші	1,8	1,7	-0,1	-5,6
Наведені витрати, грн./ га	11856,6	8957,0	-2899,6	-24,5
Металоємність, кг /га	4,32	3,48	-0,84	-19,4
Енергоємність, кВт· год /га	16,6	15,9	-0,7	-4,2
Додаткові капіталовкладення, тис. грн	2,28		X	
Очікуваний річний економічний ефект, тис. грн.	1,99			
Термін окупності додаткових капіталовкладень, років	1,15			

У представлені технологічні карти підживлення озимої пшениці за базовою та проектованою технологіями, згідно з якими були здійснені розрахунки. За базовою технологією для підживлення озимої пшениці передбачені дві технологічні операції, такі як транспортування мінеральних

добрих та завантаження їх у зернові сівалки для внесення добрив внутрішньо-грунтово. Пропонована технологія передбачає також дві операції, транспортування добрив та завантаження пристрою для їх розкидання, а також боронування посівів з одночасним підживленням та закладенням добрив у ґрунт.

Як видно з таблиці 5.2, металоємність процесів знизилася з 4,32 кг/га до 3,48 кг/га, а енергоємність на 4,2 %. Також знизилися експлуатаційні витрати із 1791,8 грн./га до 1669,1 грн./га, що становить 6,9 %.

Висновки по розділу.

На підставі виконаних досліджень з розділу зроблено такі висновки:

1. На підставі планування багатofакторного експерименту оптимізовано параметри та режим роботи пропонованого дискового робочого органу ротаційної борони: діаметр диска становить 518 мм, число зубів на диску 14, крок розміщення зубів 0,118 м, число зубів, що одночасно знаходяться у ґрунті – три. Оптимальна робоча швидкість руху борони становила 6,43 км/год. Згідно з теоретичними розрахунками: швидкість руху агрегату 6,5 км/год, діаметр диска 525 мм, оптимальна кількість голок 14 шт. Результати розрахунків теоретичних даних від експериментальних на 23%.

2. Запропонований МТА забезпечує вдосконалення базової технології боронування посівів озимої пшениці та ранньовесняної підгодівлі за рахунок суміщення зазначених операцій, що забезпечило за результатами дослідів збільшення врожаю зерна –1,77 ц/га при НСР05 .

3. Нова пропонована техніка та поєднання технологічних операцій ефективніші в порівнянні з базовим варіантом. Економічна ефективність пропонованого МТА для боронування посівів з підживленням підтверджує його доцільність: експлуатаційні витрати знижуються на 6,9%, металоємність та питома енергоємність – на 19,4% та 4,2% відповідно, додаткові капіталовкладення становлять 2,28 тис.грн, а термін їхньої окупності 1,15 року.

ВИСНОВКИ

1. В результаті аналізу машин для боронування та підживлення посівів озимої пшениці визначено перспективний напрямок їх вдосконалення, що передбачає поєднання даних операцій в одну шляхом створення пропонованого МТА.

2. Обґрунтовано конструктивно-технологічну схему багатофункціонального агрегату для боронування посівів та аналітично розроблено математичні моделі, що оцінюють вплив робочих органів борони на ґрунт, а також геометричних параметрів його форми голки.

3. Обґрунтовано оптимальні параметри та режими роботи розробленого МТА для одночасного боронування посівів з підживленням: робоча ширина захоплення агрегату становить $B_{ag} = 6,7$ м, робоча швидкість руху $V_p = 6,5$ км/год, необхідна потужність $N_{ag} = 58,2$ кВт, місткість бункера для добрив $V_b = 0,7$ м³, робоча довжина гону $L_p = 1000$ м, коефіцієнт використання змінного часу $= 0,79$.

5. Мінімальне значення критерію оптимізації - мінімум витрат сукупної енергії на процес боронування з підживленням становить $E_{agr} = 188,5$ МДж/ га, а також отримана залежність питомого тягового опору МТА від швидкості руху. При оптимальній швидкості воно становить $106\ 1,0$ кН на 1 м ширини захвату при глибині обробки 5 см і зі збільшенням швидкості на 1 км/год питомий тяговий опір зростає на 3,6 відсотка.

6. Економічна ефективність пропонованого МТА для боронування посівів з підживленням підтверджує його доцільність: на площі 1000 га експлуатаційні витрати знижуються на 6,9 %, металомісткість та питома енергоємність – на 19,4 % та 4,2 % відповідно, додаткові капіталовкладення становлять 28 тис.грн, а термін їхньої окупності 1,15 року.

Рекомендації до виробництва

Пропонується агрегат для боронування посівів озимої пшениці з одночасним підживленням з наступними технічними характеристиками: робочий орган – ротаційного типу з діаметром $D\ 518$ мм і кількістю зубів

(голок) n 14 шт ; ширина захоплення агрегату B_{ag} 6,7 м; робоча швидкість руху V_r 6,43 км/год; об'єм бункера для добрив V 0,7 м³ і продуктивністю W 2,56 9,52 га/год. Обґрунтовані конструктивні та режимні параметри багатофункціонального агрегату (МТА) для весняного підживлення озимої пшениці з одночасним боронуванням можуть бути використані конструкторськими організаціями при розробці подібних агрегатів з робочими органами у вигляді ротаційних дисків відповідно до нашого винаходу.

Перспективним напрямом подальшого розвитку конструкції запропонованого МТА та технології підживлення озимої пшениці з одночасним боронуванням є вдосконалення конструкції підвіски робочого органу з регульованою відстанню між дисками якісного розуцільнення ґрунту з мінімальним пошкодженням посівів та підключені до агрегату системи GPS для диференційованого внесення добрив.

СПИСОК ЛІТЕРАТУИ

1. Адаменко Т.І. Особливості погодних умов сівби та осінньої вегетації озимої пшениці у 2008 році // Агроном. – 2008. - №4. – С. 12 – 13.
2. Артюх О.Д. Вплив погодних умов на якість зерна пшениці озимої після різних попередників // Вісник аграрної науки - 2001.-№3. – С. 26.
3. Губанов Я.В., Іванов Н.Н. Озима пшениця. - М.: Агропромиздат, 1988. - 303с.
4. Гудзь В.П. Землеробство. Підручник 2-га вид. перероб. та доп. / Гудзь В.П., Приймак І.Д., Будьоний Ю.В., Танчик С.П. / за ред. В.Г. Гудзя. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – 464 с.
5. Довідник міжнародних стандартів для органічного виробництва / за ред. М.В. Лівгнєк, О.О. Котирко // Матеріали навчальнокоординаційного центру сільськогосподарських дорадчих служб. – К. : СПД Горобець Г.С., 2007. – 356 с.
6. Довідник стандартів ЄС щодо регулювання органічного виробництва та маркування продуктів / за ред. Є. Мидаванова, С. Мельника, О. Демидова та ін. // Федерація органічного руху України. – К.: ЛА «Піраміда», 2008. – 203 с.
7. Жеребко В. Інтегрований захист зернових колосових культур від шкідливих організмів // Пропозиція. – 2018. - №4. – С. 88 – 95.
8. Животков О.Л., Бірюков С.В., Бабаянець Л.Т. Озимі зернові культури.- К.: Урожай, 1993.-288с
- 9.. Зернові культури. За ред. Пікуша Г.Р., Бондаренка В.І. - К.: Урожай, 1985.-270 с.
10. Зінченко О.І., Салатенко В.Н., Білоножко М.А. Рослинництво. - К.: Аграрна освіта, 2009.- 591с.
11. Зубець М.В. Розвиток і наукове забезпечення органічного землеробства в Європейських країнах / М.В. Зубець, В.В. Медведєв, С.А. Балюк // Вісник аграрної науки. – К., 2010. – №10. – С.5-8.
12. Кияк Г.С., Дубровський С.Б., Онищук Д.М. Рослинництво.К.: Вища школа,2001. - 417с.
13. Кукса Л. Ресурсо- й енергоощадні технології обробітку ґрунту та сівби зернових культур // Пропозиція. – 2018. - №4. – С. 119 – 123.

14. Лихочвор В.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. – К.: Центр навчальної літератури, 2004 – 808 с.
15. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. – Львів: НВФ “Українські технології”, 2006. – 730 с.
16. Лобас М.Г. Розвиток зернового господарства України. – К.: 1997.- 448с.
18. Гудзь В.П. Шляхи підвищення продуктивності інтенсивних сортів озимої пшениці. – К.: Урожай, 1989.-134с.
17. Мазур В.І. Вплив погодних умов на формування елементів продуктивності озимої пшениці // Матеріали всеукраїнської науковопрактичної конференції молодих вчених і спеціалістів з проблем 55 виробництва зерна в Україні. - 2012. – С. 10
18. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур (зернові, круп'яні та зернобобові) / Під ред.. В.В. Вовкодава. – К.: - 2001. – вип.. 2.
19. Оверченко Б. Догляд за посівами озимої пшениці в осінньо-зимовий період// Пропозиція.-2017. – С. 34.
20. Панасик С.С., Русинов В.І. Об'єктивні причини загибелі озимої пшениці в Київській області у період зимівлі 2012 – 2013 рр. // Агроном. – 2016. - №3. – С. 54 – 55.
21. Півошенко І.М. Клімат Вінницької області. – Вінниця: Віноблдрук, 2016. – 240 с.
22. Рослинництво лабораторно – практичне заняття. За ред. Бобро М.А., Танчика С.П., Алімова Д.М. – К.: Урожай, 2011.-389с.
23. Рослинництво. Інтенсивна технологія вирощування польових і кормових культур / М.А. Білоножка, В.П. Шевченко, Д.М. Алімов та ін. : за ред. М.А. Білоножка. - К.: Вища школа, 1990. – 292 с.
24. Русанов В.І. Технологія вирощування озимої пшениці //Насінництво.- 2004.-№5. – С. 5.

25. Русинов В. Технології вирощування озимої пшениці та їх оцінка // Агроном. – 2018. - №4. – С. 84 – 88.
26. Уліч Л. Урожайність озимої пшениці в умовах посухи // Пропозиція. – 2017. - №8. – С. 48 – 55.
27. Фурсова Г.К., Фурсов Д.І. Сергеев В.В. Рослинництво: лабораторно практичні заняття. Ч.І. Зернові культури. Навчальний посібник. За ред. Г.К. Фурсової. - Харків: ТО Ексклюзив, 2014. – 380 с.
28. Черемха Б. Спостереження і технологічний догляд за посівами озимої пшениці // Пропозиція.-2014. – С. 48.
29. Ширинян М., Бугаєвський В., Кільдюшкін В., Солдатенко А. Система удобрення озимих колосових в енергозберігаючих технологіях // Агроном. – 2016. - №3. – С. 104 – 105.
30. Юник А.В. Урожайність та якість зерна пшениці озимої залежно від агротехнічних чинників // Вісник аграрної науки. - 2001.-№9. - 71с.
31. Abetter Seedbed., KONGSKILDE Maskinfabrik A/s dk-4180 Sorf (проспект).
32. Bernacki H. Teoria glelogryzarch. Biuletyn pracnakowbadawerych. 1962, №2.