

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра безпеки життєдіяльності

Пояснювальна записка
до дипломної роботи на здобуття ступеня вищої освіти
«магістр»
бакалавр, магістр

на тему: «Вдосконалення процесу посіву насіння сої висівним
апаратом плунжерного типу»

Виконав: здобувач вищої освіти за
освітньо-професійною програмою
Технології і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва
назва ОПП
спеціальності 208 Агроінженерія
код та найменування спеціальності
ступеня вищої освіти «магістр» групи 2
Прокопенко К.А.
Прізвище та ініціали здобувача вищої освіти
Керівник: Дудник В.В.
Прізвище та ініціали керівника
Рецензент: Біловод О.І.
Прізвище та ініціали рецензента

Полтава – 2021 року

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи: 60 с., 22 рис., 7 табл., 3 додатки, 28 джерел.

Об'єкт дослідження - процес посіву насіння сої, здійснюваний висівним апаратом плунжерного типу.

Мета роботи - обґрунтування конструкції, параметрів і режимів роботи висівного пристрою, що забезпечує рівномірний висів насіння сої в рядок із заданим кроком для дотримання агробіологічних вимог культури і підвищення її врожайності.

Методи досліджень - використано аналітичний та експериментальний методи, на основі яких були отримані теоретичні положення з висновками розрахункових формул для визначення оптимальних параметрів роботи висівного апарату плунжерного типу. Експериментальний метод застосовувався при розробці методики проведення лабораторних, лабораторно-польових досліджень і обробці результатів. Обробка результатів досліджень проводилася на персональному комп'ютері з використанням програми Microsoft Excel.

Результати роботи полягають в теоретичних і експериментальних дослідженнях, що отримали практичну реалізацію в удосконаленні пунктирного посіву насіння сої. Посів сої експериментальним висівним апаратом плунжерного типу дозволяє підняти врожайність сої за рахунок підвищення рівномірності висіву, зниження дроблення і пропусків насіння.

Ступінь впровадження - за результатами досліджень дано рекомендації, що можуть бути використані при проектуванні і вдосконаленні висівних апаратів.

Галузь застосування - сільськогосподарське виробництво.

Річний дохід впровадження сівалки обладнаної апаратом точного висіву плунжерного типу для посіву сої склав 107000 грн., рівень рентабельності 73%, а термін окупності додаткових капіталовкладень 1 рік.

Ключові слова: СОЯ, ВИСІВНИЙ АПАРАТ, ТОЧНІСТЬ ВИСІВУ, КРОК, ШВИДКІСТЬ АГРЕГАТУ, АГРОТЕХНІЧНІ ВИМОГИ, СХОЖІСТЬ НАСІННЯ.

ЗМІСТ

	ВСТУП.....	7
1	СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМУ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	9
	1.1 Соя: загальні відомості про культуру	9
	1.2 Аналіз конструкцій механічних апаратів точного висіву	11
2	МЕТОДИКА Й ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	25
	2.1 Лабораторна установка для дослідження роботи висівного апарату	25
	2.2 Активне планування багатофакторного експерименту	27
3	РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	34
	3.1 Вплив форми контактної поверхні плунжерного виштовхувача і сили ударного імпульсу на схожість насіння сої	34
	3.2 Вплив режимів роботи експериментального висівного апарату на зміну кількості висівного насіння сої	36
	3.3 Вплив режиму роботи експериментального висівного апарату на дроблення насіння сої	38
	3.4 Вплив кінематичних характеристик посівного агрегату на експериментальну траєкторію руху насіння сої	40
	3.5 Результати багатофакторного експерименту	41
4	РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБОК.....	47
	4.1 Екологічна експертиза.....	47
	4.2 Охорона праці	50

4.2.1	Актуальність проблеми безпеки людини у виробничому середовищі	50
4.2.2	Технічний регламент та вимоги безпеки при технічному обслуговуванні тракторного парку	51
4.2.3	Аналіз формування травмонебезпечних ситуацій	52
4.3	Економічна ефективність впровадження висівного апарату плунжерного типу для посіву сої	54
4.3.1	Енергетична ефективність впровадження висівного апарату плунжерного типу для посіву сої	55
	ВИСНОВКИ.....	58
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	60
	ДОДАТКИ.....	63

ВСТУП

Найважливішими напрямками розвитку сільського господарства і всього агропромислового комплексу є науково-технічний прогрес та інноваційні процеси. В сучасних умовах, коли вітчизняне сільське господарство знаходиться в глибокій кризі, значення і роль інноваційних процесів, як основної рушійної сили науково-технічного прогресу, істотно посилюється. Ця обставина зумовлює необхідність розробки наукових основ і механізму впливу цих процесів на ефективність функціонування агропромислового комплексу країни.

Для виробництва високоякісної продукції за доступною ціною необхідно механізувати роботи, модернізувати обладнання, впроваджувати нові технології.

Інтенсифікація сільського господарства більшості країн світу здійснюється за рахунок різкого збільшення виробництва білків рослинного походження і, перш за все, соєвих бобів. Особлива роль відводиться цій культурі в зв'язку з необхідністю виробництва повноцінних по білку продуктів харчування для населення.

Рівень механізації обробітку сої порівняно високий, однак посівні машини, що випускаються не призначені для висіву насіння сої і тому не в змозі здійснювати її посів в суворій відповідності з сучасними агротехнічними вимогами. Застосовувані технології посіву не в повній мірі забезпечують створення сприятливих умов для розвитку рослин сої з урахуванням її специфічних біологічних вимог. Це призводить до зайвої витрати насіння, погіршення якості посіву і, як наслідок, зниження врожайності [1, 2].

Один із способів підвищення врожайності сої - вдосконалення процесу її посіву за рахунок застосування посівного пристрою, що забезпечує оптимальне для розвитку рослин і догляду за посівами розташування насіння в ґрунті.

Удосконалення машин для посіву сої в основному полягала в переобладнанні зернових сівалок. Зміни конструкції висівного апарату бурякової сівалки, має серійне пристосування для висіву насіння сої, стосувалося реконструкції висівного диска, що покращувало якість її роботи при посіві.

Питання про розробку конструкції висівного апарату, призначеного спеціально для посіву сої, залишається відкритим.

Актуальність роботи полягає в розробці технічних засобів та обґрунтуванні параметрів і режимів роботи висівного пристрою для рівномірного висіву насіння сої із заданим кроком для підвищення її врожайності.

Метою роботи є обґрунтування конструкції, параметрів і режимів роботи висівного пристрою, що забезпечує рівномірний висів насіння сої в рядок із заданим кроком для дотримання агробіологічних вимог культури і підвищення її врожайності.

Об'єкт дослідження є процес посіву насіння сої, здійснюваний висівним апаратом плунжерного типу.

Предметом досліджень є закономірності впливу параметрів і режимів роботи висівного апарату плунжерного типу на якість висіву насіння сої.

Методи досліджень полягають у використанні аналітичного та експериментального методів, на основі яких були отримані теоретичні положення з висновками розрахункових формул для визначення оптимальних параметрів роботи висівного апарату плунжерного типу. Експериментальний метод застосовувався при розробці методики проведення лабораторних, лабораторно-польових досліджень і обробці результатів. Обробка результатів досліджень проводилася на персональному комп'ютері з використанням програми Microsoft Excel.

Наукова новизна полягає в отриманні аналітичних залежностей взаємодії одиничного насіння сої з робочими елементами висівного апарату плунжерного типу при пунктирному висіві з встановленим кроком.

Практична значимість полягає в теоретичних і експериментальних дослідженнях, що отримали практичну реалізацію в удосконаленні пунктирного посіву насіння сої. Посів сої експериментальним висівним апаратом плунжерного типу дозволяє підняти врожайність сої за рахунок підвищення рівномірності висіву, зниження дроблення і пропусків насіння.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Соя: загальні відомості про культуру

Соя - цінна сільськогосподарська культура, яка не має рівних собі за змістом і якістю білка. Зерно сої містить 38-48% повноцінного білка, збалансованого за амінокислотами, 20-26% жиру і більше 20% вуглеводів. В одному кілограмі насіння сої міститься 320-450 грам протеїну, 21,9 - лізину, 4,85 - метіоніну, 4,92 грама триптофану. В макусі міститься 38-39% білка, 5,5% жиру. З 10 центнерів зерна можна отримати 7-7,5 центнерів шроту, що містить 40% протеїну, 1,4% жиру. У 100 кілограмах зерна сої міститься 131 кормова одиниця, в 100 кілограмах зеленої маси - 21 кормова одиниця, причому на 1 кормову одиницю припадає 223 грами перетравного протеїну [3].

Такий склад визначає універсальність використання сої, яка є одночасно продовольчою, технічною та кормовою культурою. Застосуванню її в різних цілях присвячено безліч робіт вітчизняних і зарубіжних вчених [4, 5, 6], що підкреслюють значення цієї культури для господарської діяльності.

Зважаючи на наявність унікальних якостей соя набула широкого поширення в світі, особливо в США, Бразилії, Аргентині, Китаї. Оброблювана площа її в цих країнах становить 85% від загальносвітової. У них виробляється 90% загальносвітового валового збору товарної сої.

Соева олія в загальній продукції світового виробництва рослинних масел займає перше місце. У США виробництво соєвого масла становить близько 90% від усієї кількості вироблених в країні рослинних і тваринних жирів [7]. Досвід багатьох країн показує, що вдосконалення технології промислової переробки зерна і розвиток харчової промисловості сприяє все більшого впровадження у виробництво продуктів харчування на основі сої, що готуються, наприклад, із суміші м'ясного фаршу і очищеного соєвого білка. Вартість таких продуктів значно нижче, але за харчовою цінністю, вмістом білка і смаковими якостями вони мало відрізняються від м'ясних [7].

Як сировинний матеріал соя має важливе значення для промисловості. У світовому промисловому виробництві вона використовується для випуску понад 400 видів різної продукції. Широке застосування соя як сировина знаходить в хімічній, фармацевтичній, авіаційній та інших галузях промисловості [3]. З соєвої сировини виготовляються оліфи, фарби на її основі застосовуються в суднобудуванні [8]. В Японії розроблений спосіб отримання каучуку і мастила для авіаційних двигунів на основі соєвої сировини.

Зростання світового виробництва сої забезпечило бурхливе піднесення тваринництва. Соя є хорошою кормовою культурою для використання в зерні (при переробці) і зеленій масі. У сумісних посівах зі злаковими культурами, соя збагачує кормову масу повноцінним білком, а в сумішах з кукурудзою - покращує якість корму на лізин, вміст якого в сої у 1,5 рази вище.

Практика багатьох господарств Далекого Сходу вказує на різноманітні можливості застосування сої на корм тваринам [5]. За даними зоотехнічної науки в кормовій одиниці повинно міститися 110 грам перетравного протеїну, поки ж в середньому цей показник не перевищує 80 грам, що призводить до нерационального використання кормів [4]. Соя ж підвищує поживну цінність корму, покращує збалансованість його по білку і по ряду дефіцитних амінокислот [5], що дозволяє скоротити витрату корму на виробництво продукції тваринництва і знизити їх собівартість. Продукти переробки зерна сої - шрот і макуха йдуть на згодовування тваринам. Соєвий шрот оцінюється на міжнародному ринку в два рази дорожче зерна пшениці [7]. Хорошим об'ємним і білковим кормом служить солома сої. За якістю вона не поступається луговому сіну і містить до 4% білка [4]. Високими кормовими якостями володіє також зелена маса рослин сої.

В умовах Далекого Сходу соя займає одне з провідних місць в сівозміні і є добрим попередником для багатьох сільськогосподарських культур [9]. Це пов'язано з тим, що рослини сої, завдяки здатності до симбіозу з бульбочкових бактерій, синтезують азот з повітря і збагачують ним ґрунт. Як просапна культура соя дає можливість успішно боротися з бур'янами [10].

В основних соє висівних районах Далекого Сходу, де ґрунти мають мало гумусу, несприятливі фізичні властивості і підвищену кислотність, соя становить інтерес як сидеральна культура, яка використовується на добриво [11].

Виробництво сої в Україні в останні роки різко зросло. Виходячи з наявності земельних ресурсів, структури посівних площ, зростання технічної оснащеності господарств є певні можливості збільшення виробництва сої.

З первинного генетичного центру соя поширилася в Маньчжурію, Південний Китай, Японію, і Південно-Східну Азію. У східні області Радянського Союзу вона поширилася з Маньчжурії і Китаю, а пізніше багато сортів було ввезено в Грузію, на Україну і Північний Кавказ [12].

1.2 Аналіз конструкцій механічних апаратів точного висіву

Основною вимогою до висівних апаратів є створення дозувального потоку насіння з метою рівномірного його розподілу по площі поля [13].

Відомі висівні апарати за принципом дії поділяють на три типи [13, 14]: механічні, пневматичні і пневмомеханічні. З причини складності конструктивного виконання пневматичних апаратів, переважну роль відіграють механічні. Вони дуже різноманітні. У процесі розвитку і вдосконалення сівалок були запропоновані: катушкові, дискові, внутрішньо-реберчасті й ложкові, фрикційні, відцентрові і т.д. Однак в даний час найбільше практичне застосування знаходять головним чином лише два різновиди: катушкові і дискові. За технологічними ознаками ці апарати відносяться до пристроїв різних типів [14].

Катушкові висівні апарати дозують насіння безперервним потоком, що забезпечує досить рівномірний висів. Вони прості за конструктивним виконанням і надійні в роботі. Знаходять застосування в рядових сівалках. Істотним недоліком катушкового апарату при висіві сої є підвищене дроблення насіння [14]. Допустиме дроблення 0,3...1,5% насіння. Менше значення для насіння зернових культур, більше - для зернобобових культур.

Дискові висівні апарати [13] застосовуються для точного, одно зернового висіву насіння просапних культур цукрового буряку, сої, кукурудзи і інших. Активним елементом дискового апарату служить висівний диск з вертикальною, горизонтальною або похилою віссю обертання.

Переважне поширення набули апарати з вертикальною і похилою віссю обертання. Апарати з вертикальною віссю обертання можуть бути забезпечені тарілчастим або пористим диском, а апарати з горизонтальною віссю обертання - тільки комірчастим.

Комірчасто-дисковий висівний апарат (рис. 1.1) складається з наступних основних частин: комірчастого диска 1, відбивача 2 і виштовхувача 3.

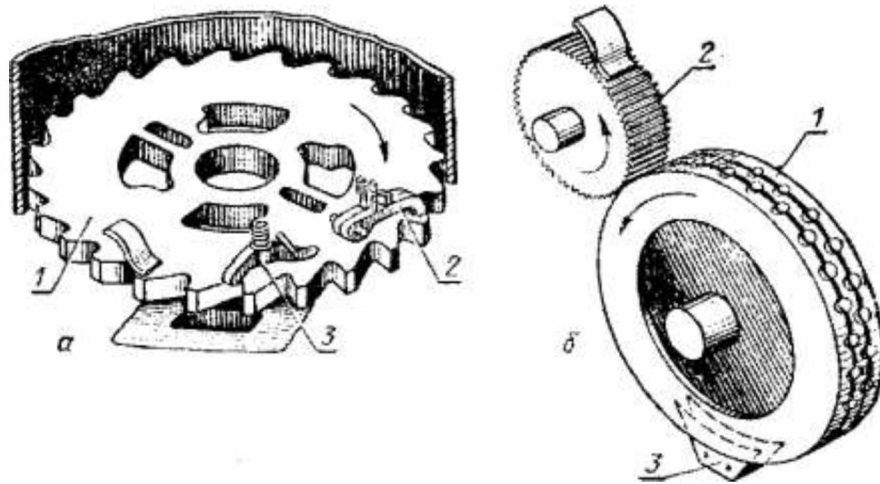


Рисунок 1.1 - Дискові висівні апарати

Працюють дискові апарати наступним чином. Диск 1 з вертикальною віссю обертання (рис. 1.1 а), встановлений на днище циліндричної насінневої банки, приводиться в обертання від опорно-приводних коліс сівалки. Під дією сили тяжіння і тиску верхніх шарів насіння западає в комірки диска і переміщається з ним до отвору в дні насінневої банки. На шляху їх руху знаходиться підпружинений відбивач 2, який своїм зубом зчищає насіння, що не в повному обсязі уклалося в комірку диска. Коли комірка з насінням виявиться над отвором дна насінневої банки, то підпружинений виштовхувач 3 виштовхне його в розтруб сошника. Диск зазвичай забезпечений 24 комірками, кожна з яких розрахована на розміщення тільки одного зерна. Сівалка обладнана набором

дисків для висіву різних культур і фракцій насіння. Норму висіву насіння регулюють зміною частоти обертання дисків і установкою спеціальних накладок, що перекривають частину комірок диска.

Диск 1 з горизонтальною віссю обертання (рис. 1.1 б) встановлений під бункером з насінням і приводиться в дію від опорно-прикочувального колеса сівалки. Насіння з бункера заповнюють комірку й переміщуються диском до відбивача 2, виконаному у вигляді рифленого капронового ролика, який видаляє зайве насіння. У нижній частині висівного апарату насіння викидаються з комірок пластинчастими клиновидними виштовхувачами 3, що входять в вузькі канавки, що проточені по центрам комірок. Апарат забезпечений двома комплектами дисків з отворами комірок діаметром 5 і 6 мм для висіву насіння цукрових буряків різних фракцій.

Згідно з визначенням, даним Г.М. Бузенковим [15], точним називається висів при квадратно-гніздовому і гніздовому посівах з заданим числом насіння і при пунктирному посіві з заданим числом кроків пунктиру.

Головне завдання точного висіву - рівномірне розміщення насіння в ґрунті з метою забезпечення агробіологічних вимог рослин по площі живлення і освітленості.

Технічне рішення цього завдання здійснюється різними шляхами, але найбільш поширеними є механічні дискові висівні апарати.

В даний час точний висів просапних культур здійснюється, в основному, буряковими і кукурудзяними сівалками і пристосуваннями до них. Сівалки «Монодрім» і «Моноцентр», призначені головним чином для посіву насіння цукрових буряків, мають цілий ряд комплектів дисків для висіву інших культур, а до сівалок фірми «Алліс Чалмерс» додається близько 100 наборів дисків [15]. Найбільшого поширення для здійснення одиничного відбору і точного висіву насіння сої отримали механічні дискові апарати з горизонтальною віссю обертання висівного диска.

Відомий висівний апарат сівалки ССТ-12 [16] (рис. 1.2), призначеної для пунктирного посіву каліброваних звичайних і малих норм дражирування насіння

цукрових буряків з одночасним внесенням у рядки гранульованих мінеральних добрив.

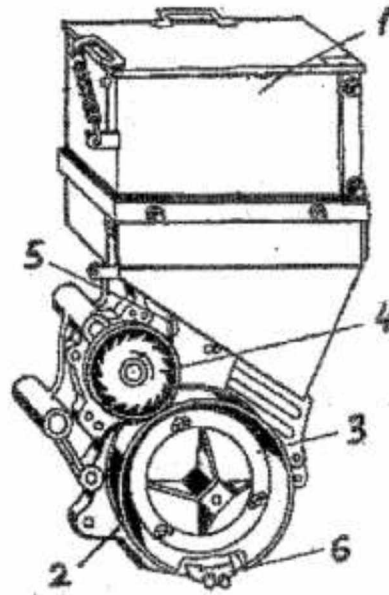


Рисунок 1.2 - Висівний апарат сівалки ССТ-12

При комплектації висівного апарату відповідними пристосуваннями можливий висів насіння сої, квасолі, гречки, проса.

Основними частинами конструкції висівного апарату є бункер для насіння 1, корпус 2, висівний диск 3 з комірками, ролик-відбивач 4, очисник 5 і виштовхувач 6. Висів насіння відбувається наступним чином: при обертанні висівного диска 3 насіння з бункера 1 надходять в комірку, зайве насіння видаляються роликом-відбивачем 4 і очисником 5, при подальшому обертанні висівного диска насіння знаходяться в комірках і утримується стінкою корпусу 2 апарату. У нижній частині апарату відбувається розвантаження комірок під дією виштовхувача 6.

Посів сої сівалкою ССТ-12 можливий при комплектації висівного апарату пристосуванням СТЯ 31.000, в яке входить висівний диск, з двома рядами комірок (діаметр комірок 9 мм), гумовий ролик-укладальник, виштовхувачі і стінки для збільшення ємності бункера [16]. Висів насіння можливий тільки в один пунктирний рядок. При висіві на невеликій швидкості (до 2,5 м/с) розглянута конструкція відрізняється малим дробленням насіння сої [17].

Висівний апарат (рис. 1.3) розроблений для кращого заповнення комірок диска. Він містить корпус 1, встановлений на валу 2, висівний диск 3 з рядами комірок 4 і закріпленими збоку від останніх кільцями з фрикційного матеріалу. Між комірками є кільце 5, охоплене стрічкою 6 з приводним шківом 7 на валу 8. На зовнішній стороні стрічки є кутові пази, а на кільцях косі пази.

При обертанні диска 3 насіння заповнює комірку 4. Їх кращому заповненню сприяє наявність на рухомій стрічці кутових пазів і на кільцях косих пазів. Комірками 4 насіння переноситься в зону висіву.

Висівний апарат забезпечує гарне заповнення комірок при висіві насіння на підвищених швидкостях. До недоліків конструкції відноситься її складність і недовговічність стрічки.

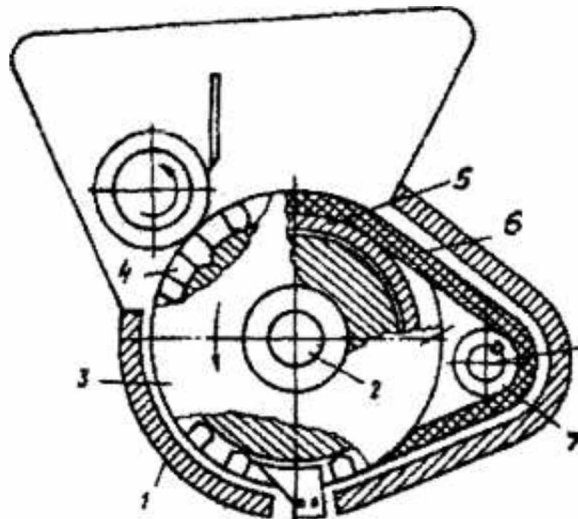


Рисунок 1.3 - Висівний апарат

Висівний апарат (рис. 1.4) включає корпус 1, бункер 5 для насіння, очисник 6, висівний диск 2 з комірками 3, закріплений на горизонтальному валу 4. Відбивач насіння 7, що складається з маточини і відбивної поверхні у вигляді пневматичної шини з ніпелями. Внутрішня порожнина пневматичної шини має опорну поверхню з радіальними отворами, на якій встановлена плоска стрічка з трапецеїдальними зубами.

При обертанні диска 2 насіння захоплюється комірками 3. Зайве насіння залишається на шині і западинах стрічки, а зубці сприяють видаленню зайвого насіння з комірок.

Метою даної конструкції є усунення дроблення насіння, поліпшення точності висіву та підвищення довговічності відбивача при висіві насіння різних видів.

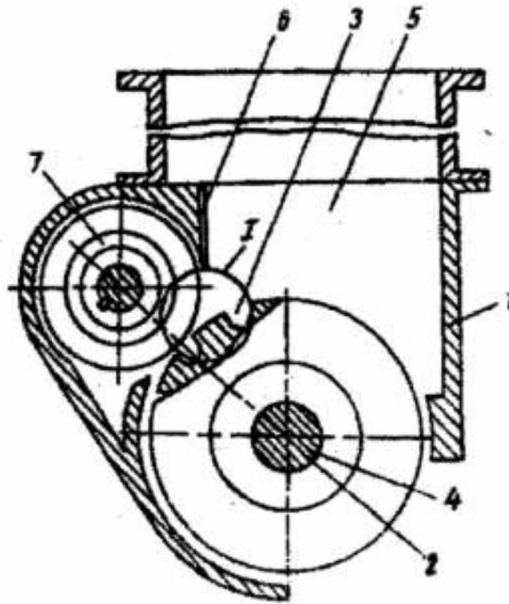


Рисунок 1.4 - Висівний апарат точного висіву

Конструкція відомого висівного апарату (рис. 1.5) забезпечує висів насіння різного розміру без заміни висівного диска.

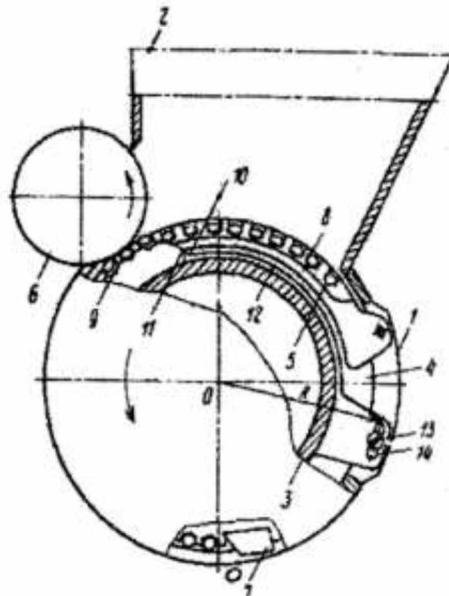


Рисунок 1.5 - Висівний апарат з універсальним диском

Висівний апарат містить корпус 1, бункер для насіння 2, висівний диск 3 з кільцевою проточкою 4 по осі комірок 5, ролик-відбивач 6. У проточці 4

встановлений виштовхувач 7 і сектор 8 з під пружиненим кінцем 9. У місці кріплення під пружиненого кінця 9, на секторі 8 виконаний зріз 10, який взаємодіє з упором 11 на поводку 12. Повідець 12 закріплений гвинтом 13. Останній розташований в довгастому наскрізному отворі 14.

При установці заданого розміру насіння послаблюють гвинт 13 і переміщують поводок 12. Упор 11 переміщує сектор 8, змінюючи розміри комірки. Після закріплення гвинтом 13 поводок 12 проводять посів.

При використанні даного апарату можливо травмування насіння відбивачем при укладанні в комірку висівного диска.

Розробники висівного апарату (рис. 1.6) ставили перед собою мету - підвищити універсальність апарату шляхом забезпечення висіву насіння різних видів і фракцій за різними схемами посіву.

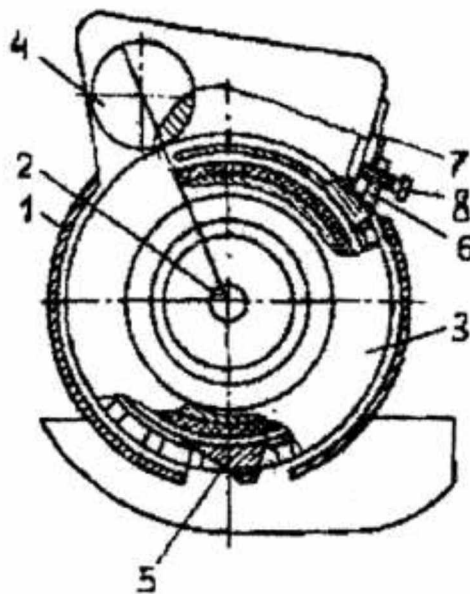


Рисунок 1.6 - Висівний апарат

Висівний апарат містить корпус 1, в якому на валу 2 встановлено висівний диск 3 з насіння захоплюючими комірками, ролик-відбивач 4, виштовхувачі 5. У диску комірок є проточки, в яких у верхній частині диска встановлені закріплені шарнірно на осі сектори 6, під пружинені пружиною 7 і забезпечені регулювальним гвинтом 8.

Диск 3 виконаний у вигляді циліндричної основи і закріплених на ньому

складових по осі комірок частин у вигляді поворотних кілець, на дотичних між собою торцевих поверхнях, на яких виконані трикутні шліци, між якими є регулювальні пластини.

Насіння з бункера потрапляє в комірку диска 3. Зайве насіння видаляються роликком-відбивачем 4. Далі насіння, утримуючись в комірках стінкою корпусу 1, надходять в зону висіву і виштовхувачі 5 скидають його на дно борозни.

При необхідності висіву насіння інших видів і фракцій змінюють товщину регулювальних пластин, а при зміні способу посіву кільця повертають один відносно одного. Глибину комірки регулюють поворотом секторів 6 гвинтом 8. На думку авторів, апарат універсальний і потребує мало часу для переналагодження.

До недоліків даного апарату відносяться складність конструкції і можливість травмування насіння роликком відбивачем.

Висівний апарат (рис. 1.7) складається з бункера 1 для висіву насіння, корпусу 2, в якому на валу встановлений висівний диск 3 з внутрішньою порожниною. Висівний диск 3 забезпечений декількома дозуючими дисками 4, в кожному з яких є кілька комірок 5 для насіння.

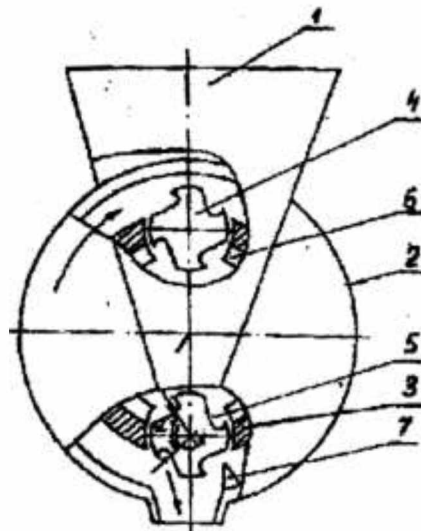


Рисунок 1.7 - Висівний апарат

Дозуючі диски 4 встановлені з можливістю повороту осі в пазах, виконаних у висівному диску 3 по його периферії. У внутрішній порожнині висівного диска 3 виконана кільцева проточка 6. Бічні стінки пазів розташовані

в одній площині з відповідною проточкою бічної стінки 6. У нижній частині корпусу 2 змонтований упор 7 для взаємодії з дозуючими дисками 4.

При русі посівного агрегату насіння, що знаходяться в бункері 1, надходить в обертовий висівний диск. Внутрішня порожнина висівного диска 3 заповнюється насінням, яке під дією відцентрової сили розподіляються по периферії і по кільцевій проточці 6, переміщуються до насінневих комірок 5, забезпечуючи їх надійне заповнення. При обертанні висівного диска 3 дозуючий диск 4 набігає на упор 7 і під його впливом повертається щодо своєї осі, при цьому насіння, що знаходиться в насінневій комірці 5, виноситься з внутрішньої порожнини 6 і викидається через насіннєве вікно в ґрунт.

Застосування зазначеного пристрою, як вважає автор, дозволяє підвищити якість по одиночного відбору висіваються насіння за рахунок збільшеної зони заповнення насінних комірок і забезпечує їх транспортування при підвищених швидкостях висіву, а також підвищує точність висіву за рахунок забезпечення рівномірності розподілу насіння шляхом надання йому нульової горизонтальної швидкості щодо ґрунту .

Незважаючи на достоїнства зазначені автором винаходу суттєвим недоліком можна вважати складність конструкції.

Висівний апарат сівалки «Унісем» [15] (Франція) (рис. 1.8) має роз'ємний , що складається з двох частин корпус 5, в площині роз'єму корпусу 5 розташований висівний диск 2, жорстко з'єднаний з валом приводу 4. Диск 2 кромкою входить в кільцеву канавку корпусу 5. У нижній частині корпусу 5 є вікно, ширина якого дорівнює ширині кільцевої канавки. Знизу вікно закривається роздільником 1.

Висівний диск складається з трьох частин: середнього 6 і двох бічних дисків 3. По колу диска 2 є 14 комірок 10, виконаних в середньому диску. Над комірками 10 у всіх трьох дисках виконані вікна 9 для заходу насіння. Насіння з комірок виходить під дією виштовхувача 11.

До недоліків даного висівного апарату можна віднести травмування насіння при виштовхуванні, можливі пропуски висіву при бічному заповненні.

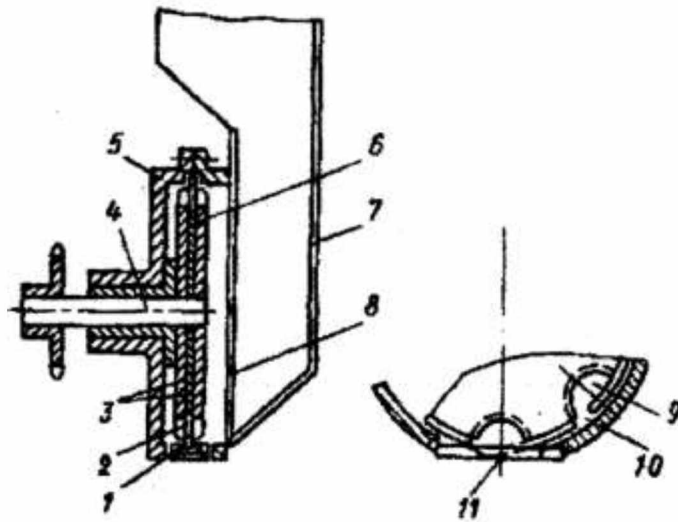


Рисунок 1.8 - Висівний апарат сівалки «Унісем»

Висівний апарат сівалки «Моносем» [15] (Франція) (рис. 1.9) має висівний диск 4, виготовлений з алюмінію завтовшки 6,5 мм, діаметром 190 мм. По диску 4 розташовані 8 комірок діаметром 5,5 мм. У нижній частині висівного апарату виконаний паз глибиною 15 мм, в якому розташований виштовхувач 6. Для запобігання попадання зайвого насіння в комірку висівного диска передбачена щітка 3, закріплена на поворотній осі 2. Висівний диск 4 встановлений на приводному валу 1 і зафіксований чекою 5.

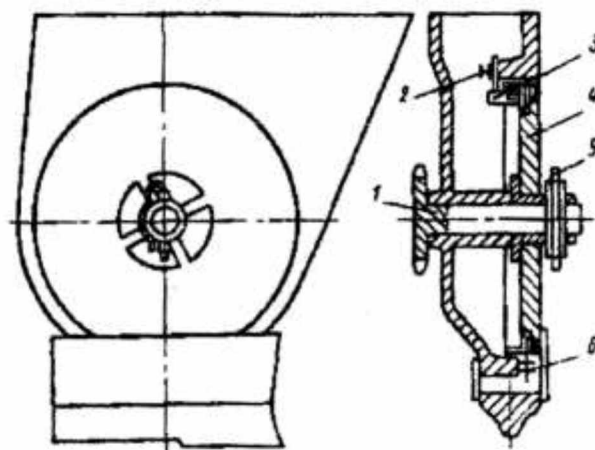


Рисунок 1.9 - Висівний апарат сівалки «Моносем»

Висівний апарат сівалки «Моносем» відрізняється простотою конструкції, проте в його роботі можна застосовувати тільки каліброване насіння сої.

Висівний апарат сівалки «Унікорн» [15] (Німеччина) (рис. 1.10) має

висівний диск барабанного типу 3, діаметром 158 мм, встановлений на приводному валу 1 і розташований в корпусі 6. До корпусу 6 жорстко прикріплений бункер 5. У порожнині диска 3, концентрично його посадковому отвору, встановлено кільце перекриття 7. У кільці є вікно 9, з розмірами 19x5 мм і виштовхувач 8. У порожнині корпусу концентрично основному отвору розташований викидний диск 4, що представляє собою виливку з 48 каналами перетином 7x10 мм на вході і 10x15 мм на виході. Внутрішній діаметр диска 4, 131 мм, зовнішній 300 мм. При переміщенні насіння в каналі за рахунок різниці окружних швидкостей на вході і виході, їх швидкість досягає 1,5-2,5 м/с.

Недоліком висівного апарату сівалки «Унікорн» є складність конструкції.

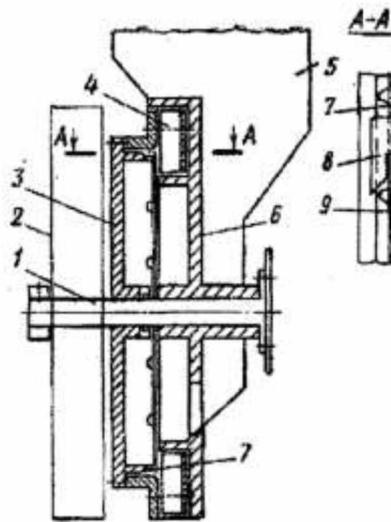


Рисунок 1.10 - Висівний апарат сівалки «Унікорн».

Висівний апарат сівалки «Палм Агроматік» [15] (Швеція) (рис. 1.11) призначений для одно зернового посіву насіння цукрових буряків з заданим числом кроків пунктиру. Для висіву насіння інших культур є диски з відповідними розмірами комірок. Висівний апарат складається з корпусу 4, жорстко з'єднаного з бункером 2. У порожнині корпусу 4 розташований висівний барабан 6. По дотичній барабана виконані кілька рядів комірок 7. Для рядного закриття доступу насіння в бункері апарата передбачена заслінка 1. Насіння, що не заповнює комірку барабана 6, видаляється з його поверхні відсікачем 3. Вихід насіння з комірок висівного диска 6 відбувається під дією виштовхувача 5.

Основним недоліком даного висівного пристрою є можливе дроблення насіння при виході з висівного диска під дією клинового виштовхувача.

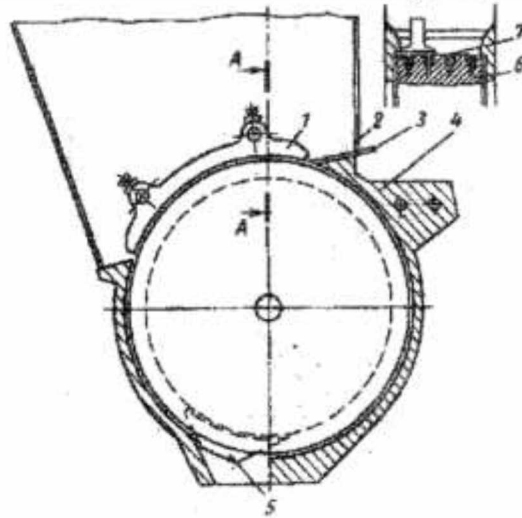


Рисунок 1.11 - Висівний апарат сівалки «Палм Агроматік»

Відомий висівний апарат (рис. 1.12) включає корпус 1, висівна вікно 12, розташоване в нижній частині корпусу, вертикально встановлений в корпусі 1, висівний диск 2 з комірками 11 для насіння, кільцеву проточку 13 по осі комірок, під пружинений виштовхувач насіння 3. Кільцева проточка 13 з шириною рівною діаметру комірку 11. У передній частині кільцевої проточки встановлений сектор-вставка 9. На робочій частині 5 виштовхувача 3, спрямовано по осі комірку від центру диска до початку висівного вікна, встановлений обмежувач ходу 10. На кінці робочої частини виштовхувача, що знаходиться в комірці, є корпус кульового гнізда 8, в якому встановлена вільно кулька 7 з відкритими передній, задній і нижній сферичними частинами. Неробоча частина виштовхувача 4 і гаситель коливань 6, закріплені на корпусі виштовхувача 3.

Висівний апарат працює наступним чином: диск обертається, і комірки його заповнюються насінням. При підході насіння до висівного вікна з боку дна комірки на насіння впливає підпружинена сферична частина виштовхувача, яка видаляє насіння з комірки і переміщує його в сторону відкритої посівної борозенки.

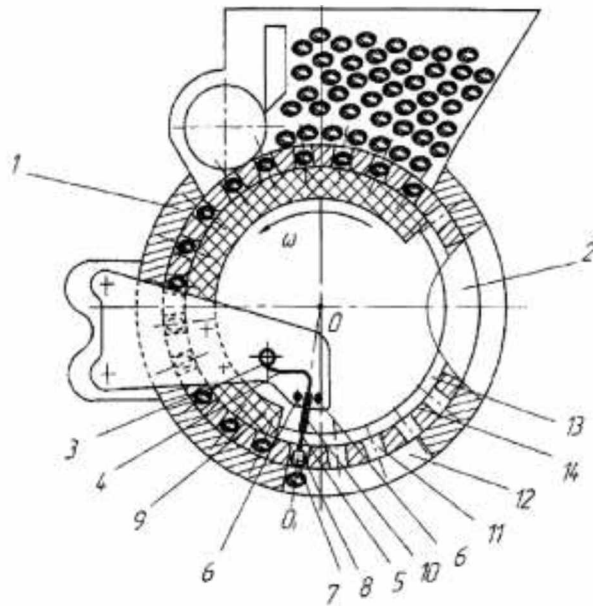


Рисунок 1.12 - Висівний апарат для одиничного відбору насіння

До недоліків даного висівного апарату можна віднести можливе дроблення насіння під час заповнення комірок висівного диска, пошкодження насіння об внутрішню поверхню корпусу за рахунок тертя при русі висівного диска, свідомо малий ресурс пружинного виштовхувача.

Розглянуті конструкції дискових висівних апаратів показують основні напрямки щодо вдосконалення процесу точного висіву, що стосуються поліпшення умов одиничного відбору зерна і транспортування його в посівну борозенку, з мінімальним ступенем травмується, можливості висіву насіння різних фракцій без зміни робочого елемента, зменшення пошкодження насіння при висіві, забезпечення точності висіву на підвищених швидкостях руху посівного агрегату.

До недоліків даних висівних апаратів слід віднести складність конструкції, можливість травмування насіння при заповненні висівного диска і при виході з диска за допомогою клинового виштовхувача.

Висновки і постановка завдань досліджень

На підставі проведеного аналізу можна зробити висновок про те, що соя відіграє велике значення в народному господарстві, перш за все як культура, яка

використовується для приготування продуктів харчування, а також для кормових і технічних цілей. В умовах нашої держави та при застосуванні високої культури землеробства для збільшення врожаю сої та поліпшення якості насіння найбільш доцільно, з агробіологічної точки зору, застосовувати пунктирний спосіб посіву.

Існуючі конструкції висівних апаратів не дозволяють проводити пунктирний висів з точно заданим інтервалом і відсотком пошкодження насіння сої на рівні агротехнічних вимог. Поліпшення якості пунктирного посіву сої може бути досягнуто шляхом застосування пристрою точного висіву, що дозволяє проводити якісний одиничний відбір і рівномірний висів насіння з мінімальним ступенем травмування при дотриманні встановленого кроку висіву.

За результатами проведеного аналізу і відповідно до поставленої мети були визначені наступні завдання.

1. Провести аналіз існуючих пристроїв точного висіву і розробити висівний апарат, що забезпечує рівномірний висів насіння сої в рядок із заданим кроком і мінімальним ступенем пошкодження насіння.

2. Дослідити вплив форми контактної поверхні плунжерного виштовхувача і сили ударного імпульсу прикладеної до одиничного зерна сої на схожість.

3. Дослідити вплив параметрів і режимів роботи пропонованого висівного апарату плунжерного типу на якість висіву насіння сої.

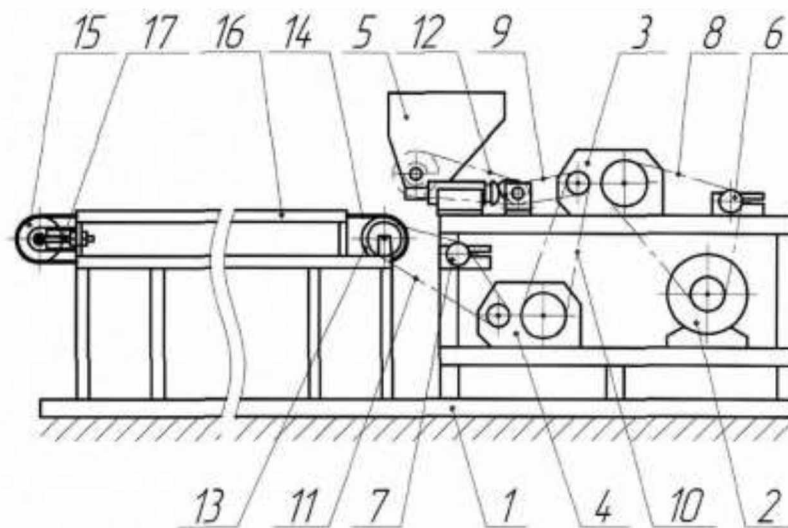
4. Провести польові випробування пропонованого висівного апарату для оцінки якості його роботи шляхом порівняння з базовим аналогом.

5. Визначити економічну і енергетичну ефективність застосування експериментальної сівалки оснащеної висівними апаратами плунжерного типу.

2. МЕТОДИКА Й ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Лабораторна установка для дослідження роботи висівного апарату

Для обґрунтування основних параметрів і дослідження роботи висівного апарату плунжерного типу була виготовлена лабораторна установка, що імітує роботу висівного апарату при посіві сої. Установка дозволяє в широкому діапазоні кутових швидкостей приводного кулачка висівного апарату отримувати картину розподілу насіння на рухомій липкій стрічці, а також, при відключеному приводі стрічки, проводити дослідження за кількістю насіння, що висівається від встановленої норми і дроблення. Схема лабораторної установки представлена на рис. 2.1, загальний вид на рис. 2.3.



1 - рама; 2 - електродвигун; 3, 4 коробки передач; 5 - лабораторний висівний апарат; 6, 7 - натяжна зірочка; 8, 9, 10, 11 - ланцюгова передача; 12 - ремінна передача приводу ворошителя; 13 - приводний барабан; 14 - липка стрічка; 15 - натяжний барабан; 16 - напрямна; 17 – натяжний пристрій

Рисунок 2.1 - Схема лабораторної установки

Конструктивно установка (рис. 2.1) розміщується на металевій зварній рамі 1, жорстко встановленій на фундаменті. Привід висівного апарату 5 і липкої стрічки 14 здійснюється від електродвигуна 2 за допомогою ланцюгових передач 8, 9, 10, 11 і двох коробок передач 3, 4.

Лабораторна установка працює наступним чином. Крутний момент через ланцюгову передачу 8 від електродвигуна 2 передається на привідний вал коробки передач 3, далі від веденого валу коробки передач 3 обертаються за допомогою ланцюгових передач 9 і 10 з одного боку коробки передач 3 привідний вал висівного апарату 5, з іншого боку - привідний вал коробки передач 4, що приводить в обертання через ланцюгову передачу 11 вал приводного барабана липкої стрічки 14. Регулювання необхідного натягу ланцюгів в передачах 9 і 10 здійснюється установкою і фіксацією коробок передач 3 і 4 відповідно, а в передачах 10, 11 переміщенням зірочок натягачів 6 і 7. Липка стрічка 14 із замкнутим контуром, встановлена на привідний 13 і натяжний 15 барабани, спираючись тильною поверхнею робочої гілки на направляючу 16.

Необхідне натягнення липкої стрічки 14 проводиться за допомогою натяжного пристрою 17.

Для визначення кінематичних режимів валів приводного кулачка, ворошителя і приводного барабана липкої стрічки використовували тахометр годинниковий ТЧ10-Р (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 - Тахометр годинниковий ТЧ10-Р

Зміна кутової швидкості приводного кулачка висівного апарату 5 здійснюється шляхом зміни передавального співвідношення в коробці передач 3 і взаємної перестановки зірочок на ланцюговій передачі 9. Швидкість липкої стрічки змінюється зміною передач в коробках 3, 4 і взаємної перестановкою

зірочок в ланцюговій передачі приводу стрічки 11.

Управління лабораторної установкою здійснюється за допомогою електричного щита.



Рисунок 2.3 - Загальний вигляд лабораторної установки

Дослідження при висіві в ґрунтовому каналі проводяться з розрахунку 100 висіяних насінин в кожній повторності кожного досліді з встановленим інтервалом крокової відстані 50 мм. Для зручності підрахунку кількості висіяних насінин в досліді спочатку проводимо холостий прохід експериментального агрегату (з піднятим загортачем) для нарізки борозенки. Потім проводимо робочий хід агрегату з висівом насіння в приготовлену борозенку.

Дослідження по дробленню насіння проводяться при відключеному приводі липкої стрічки. Відсоток дроблення визначається за кількістю пошкоджених насінин з кожної тисячі пропущених через висівний апарат.

Досліди проводяться (відповідно до методики Г.В. Веденяпіна [18] при довірчій ймовірності 0,95) з триразовою повторністю для кожного варіанту.

2.2 Активне планування багатофакторного експерименту

Після вивчення процесу точного висіву насіння сої висівним апаратом плунжерного типу і дослідження його кінематичних і технологічних характеристик, виникає ряд уявлень про дію різних факторів і необхідність

отримати експериментальні дані їх сукупного впливу на показник, що характеризує об'єкт дослідження і виявити оптимальні режими роботи агрегату.

Сучасні статистичні методи активного планування багатofакторних експериментів [18, 19, 20, 21] дозволяють вибрати найбільш істотні фактори, що впливають на об'єкт дослідження і не розглядати чинники, які надають незначний вплив. Багатofакторний експеримент дає можливість активно брати участь в досліджуваному процесі і в значній мірі спрощує завдання знаходження оптимальних умов його протікання. В результаті спеціально розроблених планів експерименту [20] знаходження математичної моделі досліджуваного процесу не вимагає складних математичних розрахунків.

Планування експерименту пов'язане з вивченням залежності критеріїв оптимізації від величини керуючих параметрів, тому після постановки задачі загальний вигляд моделі об'єкта досліджень можна записати у вигляді функції [19, 21]:

$$Y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n), \quad (2.1)$$

де Y - критерій оптимізації, величина якого контролюється в ході експерименту;

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ - фактори, які вирішено варіювати при проведенні експерименту.

Функцію мети (результати експерименту) зазвичай висловлюють математичною моделлю у вигляді поліноміальною рівняння [19, 21]:

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{i,j=1}^n b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^n b_{ii} x_i^2 \quad (2.2)$$

де b_0, b_i, b_{ij}, b_{ii} - теоретичні коефіцієнти регресії; n -кількість факторів;

n - кількість факторів;

i - порядковий номер фактору (стовпчик матриці).

В даний час розроблені спеціальні методики, які дозволяють знайти чисельні значення всіх коефіцієнтів регресії і оцінити помилки експерименту [19, 20].

Так як об'єктом дослідження є процес точного висіву насіння сої, то в якості критерію оптимізації приймаємо коефіцієнт варіації кроку висіву насіння, %.

Згідно з теоретичними дослідженнями чинниками, що впливають на

критерій оптимізації є:

- швидкість агрегату;
- висота падіння насіння;
- довжина дозуючого вікна;
- кутова швидкість ворошителя;
- лінійні розміри зерна;
- кількість виступів приводного кулачка.

На підставі результатів відсіваючих дослідів [20, 21] для основної серії експерименту було виявлено три найбільш значущих фактори: швидкість агрегату (липкої стрічки); висота викиду насіння; середній діаметр зерна.

Визначимо області існування факторних просторів для кожного фактору відповідно до рекомендацій [19, 21].

1. Швидкість агрегату (липкої стрічки).

Вивченням процесу точного висіву насіння сої в різні роки займалися дослідники Н.С. Довбенко, С.А. Шишлов, Д.М. Журавльов в роботах [1, 2, 22]. У вищевказаних джерелах встановлено, що при швидкості агрегату 2 м/с кількість висіяного насіння від спочатку встановленої норми знаходиться в межах від 98,7% до 99,1%, а при збільшенні швидкості агрегату до 2,5 м/с зменшується і знаходиться в межах від 94,5% до 98,5%. Також встановлено, що відсоток дроблення насіння сої змінюється від 0,43% при швидкості агрегату 2 м/с до 0,85% при збільшенні швидкості до 2,5 м/с.

На підставі вищевикладеного, а також беручи до уваги теоретичні дослідження траєкторії польоту одиничного насіння приймаємо в експерименті основний рівень швидкості агрегату рівним 2,1 м/с при інтервалі варіювання 0,4 м/с, тоді отримаємо:

- $v_a = 2,1$ м/с - основний рівень;
- $v_{a \min} = 1,7$ м/с - нижній рівень;
- $v_{a \max} = 2,5$ м/с - верхній рівень.

2. Висота викиду насіння.

Для визначення факторного простору фактору «висота викиду насіння» розглянемо теоретичне обґрунтування оптимальних умов точного висіву, де зазначено, що при висоті викиду 150 мм і швидкостях агрегату 1,7; 2,1; 2,5 м/с

оптимальні умови висіву (по горизонтальній складової швидкості зерна) виконуються на 98,7; 95,8; 91,3% відповідно, а також висів насіння сої сівалкою ССТ-12 [16] у якій висота викиду насіння становить 50 мм.

З огляду на останнє, приймаємо такі параметри варіаційного фактору «висота викиду насіння»:

$y_0 = 100$ мм - основний рівень;

$y_{min} = 50$ мм - нижній рівень;

$y_{max} = 150$ мм - верхній рівень.

3. Середній діаметр зерна.

Так як основний діапазон середніх лінійних розмірів насіння сортів сої припадає на інтервал від 5,5 мм до 7,5 мм [1], встановлюємо нульовий рівень варіаційного фактору 6,5 мм і приймаючи крок варіювання 0,5 мм отримаємо:

$d_{z0} = 6,5$ мм - основний рівень;

$d_{zmin} = 6$ мм - нижній рівень;

$d_{zmax} = 7$ мм - верхній рівень.

Фактори і рівні їх варіювання представлені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Кодування інтервалів варіювання незалежних змінних факторів

Найменування рівнів варіювання факторів	Кодові значення факторів	Фізичне значення варіюваних факторів			Найменування факторів і їх одиниці вимірювання
		x_1	x_2	x_3	
крок варіювання	-	0,4	50	0,5	x_1 -швидкість агрегату, м/с; x_2 -висота викиду насіння, мм; x_3 -середній діаметр зерна, мм.
зірковий рівень	+1,215	2,6	161	7,1	
верхній рівень	+1	2,5	150	7	
базовий рівень	0	2,1	100	6,5	
нижчий рівень	-1	1,7	50	6	
зірковий рівень	-1,215	1,6	39	5,9	

Для проведення багатфакторного експерименту використовувалася матриця для центрального композиційного ортогонального плану типу 2^3 представлена в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 - Матриця центрального композиційного ортогонального планування $y = 2^3$

	i				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	u	m ₁	m ₂	m ₃	x ₀	x ₁	x ₂	x ₃	x ₁ ²	x ₂ ²	x ₃ ²	x ₁ , x ₂	x ₁ , x ₃	x ₂ , x ₃
Повнофакторний експеримент 2 ³	1	2	3	5	1	-1	-1	-1	0,27	0,27	0,27	1	1	1
	2	4	1	1	1	1	-1	-1	0,27	0,27	0,27	-1	-1	1
	3	8	4	6	1	-1	1	-1	0,27	0,27	0,27	-1	1	-1
	4	1	6	2	1	1	1	-1	0,27	0,27	0,27	1	-1	-1
	5	3	5	4	1	-1	-1	1	0,27	0,27	0,27	1	-1	-1
	6	7	2	7	1	1	-1	1	0,27	0,27	0,27	-1	1	-1
	7	5	7	8	1	-1	1	1	0,27	0,27	0,27	-1	-1	1
	8	6	8	3	1	1	1	1	0,27	0,27	0,27	1	1	1
Зіркові точки	9	9	14	10	1	-1,215	0	0	0,75	-0,73	-0,73	0	0	0
	10	12	12	11	1	1,215	0	0	0,75	-0,73	-0,73	0	0	0
	11	14	15	14	1	0	-1,215	0	-0,73	0,75	-0,73	0	0	0
	12	15	10	12	1	0	1,215	0	-0,73	0,75	-0,73	0	0	0
	13	11	9	15	1	0	0	-1,215	-0,73	0,75	0,75	0	0	0
	14	13	13	9	1	0	0	1,215	-0,73	-0,73	0,75	0	0	0
0-0	15	10	11	13	1	0	0	0	-0,73	-0,73	-0,73	0	0	0

Досліди в експерименті проводили з триразовою повторністю відповідно до загальної методики експериментального дослідження при довірчій ймовірності $\alpha = 0,95$ і помилці вимірювань $\varepsilon = \pm 3\sigma$, де σ - середнє квадратичне відхилення результатів дослідів (стандарт).

При кожній повторності проводили висів 100 насінин і по таблиці випадкових чисел виконували 30 вимірювань крокової відстані.

Визначали математичне очікування, що є найбільш ймовірним значенням вимірюваної величини при даній кількості вимірювань, яке для нормального закону розподілу рівне середньоарифметичному значенню [18]:

$$\bar{a} = \frac{\sum_{i=0}^n a_i}{n}, \quad (2.3)$$

де a_i - результат і-го вимірювання (дослід);

n - число вимірювань (дослідів).

Знаходили дисперсію випадкової величини:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=0}^n (a_i - \bar{a})^2}{n-1}. \quad (2.4)$$

Визначали середнє відхилення (стандарт):

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n (a_i - \bar{a})^2}{n-1}}. \quad (2.5)$$

Далі визначали коефіцієнт варіації [18] кроку висіву насіння (%), котрий характеризує мінливість неоднорідних величин і обраний нами як критерій оптимізації експерименту;

$$Y = \frac{\sigma}{\bar{a}} . \quad (2.6)$$

Обробка результатів експерименту проводилася за наступною методикою.

Рівняння регресії в загальному вигляді запишеться

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{12} x_1 x_2 + b_{23} x_2 x_3 + b_{13} x_1 x_3 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2 + b_{33} x_3^2 . \quad (2.7)$$

Ортогональність центрального композиційного плану забезпечується підбором зоряного плеча a . Значення зоряного плеча вибирається залежно від кількості факторів за методикою [19]. Для трьох факторів $a=1,215$. Перетворення квадратичних змінних x_i^2 проводиться за формулою:

$$x'_i = x_i^2 - \bar{x}_i . \quad (2.8)$$

При трьох факторах:

$$x'_i = x_i^2 - \frac{\sum x_{iu}}{N} = x_i^2 - \frac{8+1,215^2 \cdot 2}{15} = x_i^2 - 0.73 . \quad (2.9)$$

Для переходу до форми математичної моделі функції відгуку визначаємо величину:

$$b_0 = b'_0 - b_{11} \bar{x}_1^2 - \dots - b_{nn} \bar{x}_{nn}^2 , \quad (2.10)$$

де

$$\bar{x}_1^2 = \frac{\sum_{u=1}^N x_{1u}^2}{N} , \dots , \bar{x}_n^2 = \frac{\sum_{u=1}^N x_{nu}^2}{N} . \quad (2.11)$$

Коефіцієнти регресії $b'_0, b_1, \dots, b_n, b_{12}, \dots, b_{nn}$ визначаються незалежно один від одного за формулою [19]:

$$b_i = \frac{\sum_{u=1}^N x_{iu} \bar{y}_u}{\sum_{u=1}^N x_{iu}^2} , \quad (2.12)$$

де i - означає порядковий номер стовпчика матриці експерименту: $i=0, 1, 2, \dots, n$.

Дисперсія коефіцієнтів регресії визначається за формулою:

$$S_{\{b_i\}}^2 = \frac{S_y^2}{\sum_{u=1}^N x_{iu}^2} . \quad (2.13)$$

Дисперсія b_0 визначається за формулою:

$$S_{\{b_0\}}^2 = S_{\{b'_0\}}^2 + (\bar{x}_1^2)^2 S_{\{b_{11}\}}^2 + \dots + (\bar{x}_n^2)^2 S_{\{b_{nn}\}}^2 . \quad (2.14)$$

Перевірка на виключення значень, котрі різко виділяються, в дослідах здійснювалася за критерієм Стюдента [19]:

$$t_{\text{расч}} = \frac{|y'_i - \bar{y}_i|}{S'} \leq t_{\text{табл}} , \quad (2.15)$$

де $t_{\text{расч}}$ і $t_{\text{табл}}$ - розрахункове і табличне значення t - критерію;

$y'_i - \bar{y}_i$ - середнє (виключаючи y_i) значення у вибірці;

S' - середньоквадратичне (стандартне) відхилення.

Оцінкою для математичного очікування служить вибіркове середнє:

$$\bar{y} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} y_i, \quad (2.16)$$

де n - кількість досвідчених значень (без y'_i).

Перевірка відтворюваності експерименту при рівній кількості вимірювань в кожній вибірці проводилася за критерієм Кохрена [19, 20]:

$$G_p = \frac{S_{\text{max}}^2}{\sum_{i=1}^N S_i^2} \leq G_m. \quad (2.17)$$

В якості оцінки дисперсії відтворюваності використовується середня дисперсія:

$$S_{\text{восп}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N S_i^2}{N \cdot (m-1)}, \quad (2.18)$$

де m - число паралельних дослідів

Значимість коефіцієнтів перевіряється за критерієм Стьюдента [19, 20]:

$$t_j = \frac{|b_j|}{S_{bj}}, \quad (2.19)$$

де

$$S_{bj} = \sqrt{\frac{S_{\text{восп}}^2}{N}}. \quad (2.20)$$

Якщо $t_j > t_{\text{табл}}$ при заданому рівні достовірності, то оцінку b_j визнають значущою.

Адекватність рівнянь перевіряється за критерієм Фішера [19, 20]:

$$F_p = \frac{S_{\text{ад}}^2}{S_y^2} \leq F_m, \quad (2.21)$$

де $S_{\text{ад}}^2$ - дисперсія адекватності.

Дисперсія адекватності визначається за формулою [19]:

$$S_{\text{ад}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (\bar{y}_i - \hat{y}_i)^2}{N-l}, \quad (2.22)$$

де l - число значущих коефіцієнтів в рівнянні регресії;

\hat{y}_i - значення вихідного параметра, розрахований за рівнянням регресії.

При проведенні аналізу лабораторних досліджень показників роботи висівного апарату використовувалася ПЕОМ зі стандартним програмним забезпеченням Microsoft Excel.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Вплив форми контактної поверхні плунжерного виштовхувача і сили ударного імпульсу на схожість насіння сої

Лабораторні дослідження впливу форми контактної поверхні плунжерного виштовхувача на схожість насіння сої (рис. 3.1) показали, що в залежності від виду контактної поверхні і зусилля стиснення робочої пружини схожість насіння змінюється від 94% (плоска контактна поверхня, зусилля пружини $F_2=1350$ Н) до 64% (опукла контактна поверхня, зусилля пружини $F_5=1750$ Н) [20].

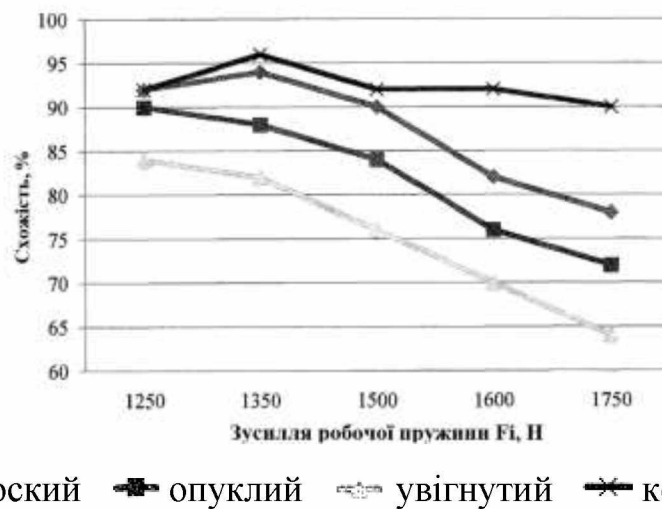
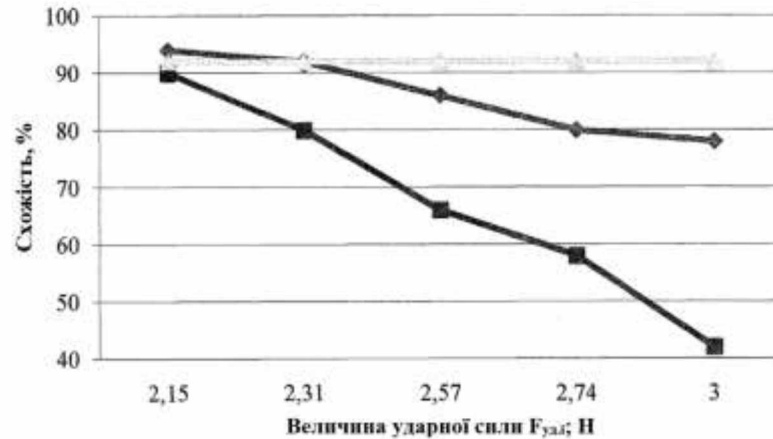


Рисунок 3.1 - Залежність схожості насіння сої від виду контактної поверхні і зусилля робочої пружини

На графіку наочно видно, що при зусиллі стиснення робочої пружини від $F_1 = 1250$ Н до $F_3 = 1500$ Н і при впливі на зерно плоскою поверхнею плунжера схожість зерна відрізняється від контролю в межах агротехнічних вимог (3%) [23]. При зусиллях робочої пружини $F_4 = 1600$ Н і $F_5 = 1750$ Н схожість при впливі плоским плунжерним виштовхувача скорочується до 82% і 78% відповідно. Опукла поверхня плунжерного виштовхувача дає схожість в межах агротехнічних вимог при впливі силою робочої пружини в межах $F_1 = 1250$ Н. При впливі увігнутою поверхнею плунжера з зусиллями робочої пружини від $F_1=1250$ Н до $F_5=1750$ Н схожість насіння сої становить відповідно від 84% до 64%, що не відповідає агротехнічним вимогам при посіві сої.

Лабораторні дослідження впливу ударного навантаження на схожість

насіння сої [24] показали (рис. 3.2), що насіння оброблене ударними імпульсами різної величини в межах дослідів мають схожість від 42% (вплив ударною силою $F_{уд.5} = 3 \text{ Н}$ на ділянку насіння в районі «зародка») до 94% (вплив силою $F_{уд.1} = 2,15 \text{ Н}$ на випадковій ділянці насіння).



◆ випадкова поверхня ■ ділянка зародка ▲ контроль

Рисунок 3.2 - Залежність схожості від сили ударного імпульсу і ділянки контактної поверхні насіння

Відповідно до графіків (рис. 3.2) можна зробити висновки, що агротехнічним вимогам відповідають вплив на одичне зерно сої силою ударного імпульсу $F_{уд.1} = 2,15 \text{ Н}$ на ділянку в районі «зародка» і випадковій ділянці насіння; силою $F_{уд.2} = 2,31 \text{ Н}$ на випадковій ділянці насіння. Причому насіння оброблені силою $F_{уд.1}$ показали схожість на 2% вище контролю.

Діапазон значень сил ударного імпульсу, що впливає на одичне зерно сої в пропонованому висівному апараті, можна визначити, застосувавши принцип Даламбера, згідно з яким:

$$\sum_{k=1}^n F_k + R_u = 0, \quad (3.1)$$

де F_k - зовнішні сили, прикладені до інерційного тіла (зерно), Н;

n - зовнішніх сил;

R_u - сила інерції тіла (одичного зерна), Н.

Силу інерції штовхача при сталому русі кулачка можна визначити за формулою:

$$R_u = m_3 \cdot \omega_k^2 \cdot p. \quad (3.2)$$

Тоді при швидкості посівного агрегату від 0,8 до 2,9 м/с, що відповідає кутовим швидкостям приводного кулачка від 100,4 до 364,3 с⁻¹, сила ударного імпульсу, прикладеного до одиничного зерна, буде змінюватися в діапазоні від 0,044 до 0,58 Н.

Отримані значення сил ударного імпульсу, прикладених до одиничного зерна сої у висівному апараті плунжерного типу в розглянутому діапазоні кутових швидкостей приводного кулачка на підставі проведених експериментів, задовольняють агротехнічним вимогам з великим запасом.

3.2 Вплив режимів роботи експериментального висівного апарату на зміну кількості висівного насіння сої

В умовах механізованого виробництва зерна сої при одному і тому ж способі посіву і певної ширини міжрядь від норми висіву в значній мірі залежить врожайність. Приймаючи до уваги цей факт, нами були проведені лабораторні дослідження впливу режимів роботи експериментального висівного апарату на кількість насіння сої, що висівається відповідно до прийнятої методики. Досліди проводили на лабораторних установках з висівом насіння сої на липку стрічку і в ґрунт в ґрунтового каналі.

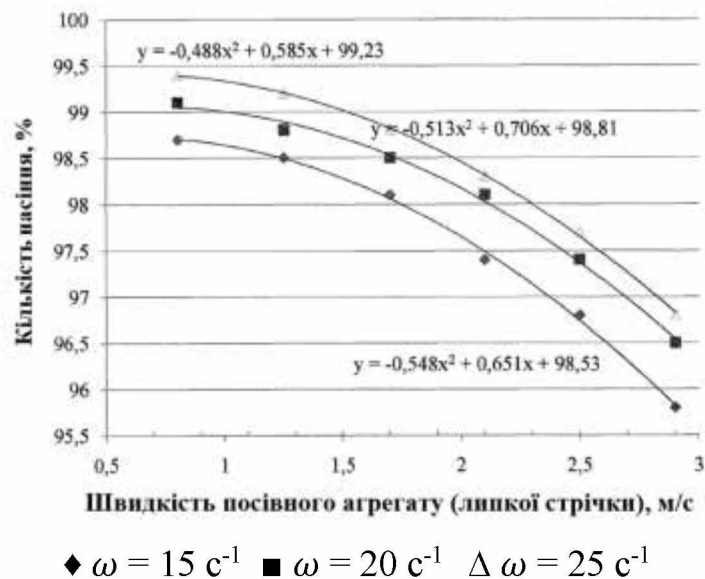


Рисунок 3.3 - Залежність кількості висівних насінин від швидкості посівного агрегату і кутової швидкості ворошителя при висіві на липку стрічку

Аналіз отриманих результатів при висіві на липку стрічку показує, що зі збільшенням швидкості посівного агрегату кількість насіння, що висівається від встановленої норми зменшується. Дане явище пояснюється погіршенням умов подачі зерна в плунжерну камеру апарату за рахунок збільшення кутової швидкості приводного кулачка і, як наслідок, зменшення часу відкритого дозуючого вікна. Графік показує, що зі збільшенням кутової швидкості ворошителя якість роботи висівного апарату поліпшується, що пояснюється скороченням часу висівання зерна.

Кількість насіння, що висівається від встановленої норми в досліді змінюється від 95,8% при швидкості агрегату (липкої стрічки) 2,9 м/с і кутової швидкості ворошителя 15 с^{-1} до 99,4% при швидкості агрегату 0,8 м/с і кутової швидкості ворошителя - 25 с^{-1} .

При дотриманні агротехнічних вимог і в інтервалі швидкостей, прийнятних для точного висіву [1, 2], висівається: в діапазоні швидкостей агрегату 1,7-2,1 м/с, при кутовій швидкості ворошителя 15 с^{-1} від 98,1 до 97,4% насіння; в діапазоні швидкостей 1,7-2,5 м/с, при кутовій швидкості 20 с^{-1} від 98,5 до 97,4%, при кутовій швидкості 25 с^{-1} від 98,8 до 97,7% від встановленої норми насіння. При швидкості агрегату 2,9 м/с і кутових швидкостях ворошителя 15, 20, 25 с^{-1} від спочатку встановленої норми висівається відповідно: 95,8; 96,5; 96,8% насіння сої.

При проведенні дослідів в ґрунтовому каналі відсоток кількості насіння, що висівається від встановленої норми трохи нижче (рис. 3.4), що пояснюється проскакуванням опорно-приводного колеса сівалки.

Кількість насіння, що висівається від встановленої норми в досліді, проведеному на ґрунтовому каналі, змінюється від 94,3% при швидкості агрегату 2,9 м/с і кутової швидкості ворошителя 15 с^{-1} до 98,3% при швидкості агрегату 0,8 м/с і кутової швидкості ворошителя 25 с^{-1} .

Агротехнічні вимоги за кількістю насіння, що висівається від спочатку встановленої норми [23] при проведенні дослідів з висівом в ґрунтовому каналі дотримуються в наступних режимах роботи висівного агрегату: в діапазоні швидкостей агрегату від 0,8 до 1,25 м/с і кутової швидкості ворошителя 15 с^{-1} висів насіння становить відповідно від 97,3 до 97%; в діапазоні швидкостей 0,8-

1,25 м/с, при кутовій швидкості 20 c^{-1} висів становить від 97,33 до 97% відповідно; в діапазоні швидкостей 0,8-2,5 м/с, при кутовій швидкості 25 c^{-1} висів насіння від встановленої норми становить від 98,3 до 97%. При швидкості посівного агрегату 2,9 м/с і кутових швидкостях ворошителя 15, 20, 25 c^{-1} від спочатку встановленої норми в ґрунтовому каналі висівається відповідно: 94,3; 95,0; 95,7% насіння сої. На рис. А.1 додатку А показано розподіл насіння сої у відкритій борозні (при піднятому загортачу) при посіві експериментальним висівним апаратом.

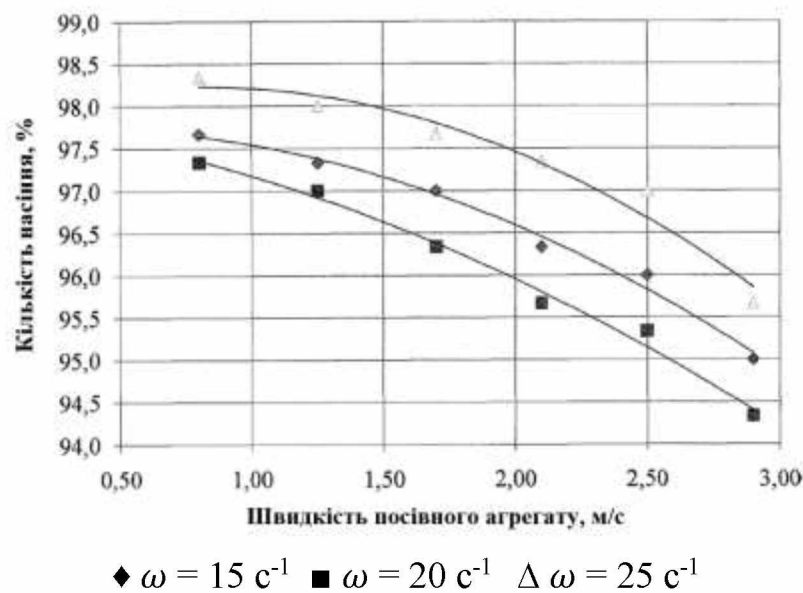


Рисунок 3.4 - Залежність кількості насіння від швидкості посівного агрегату і кутової швидкості ворошителя при висіві в ґрунтовому каналі

Дослідження щодо впливу режимів роботи експериментального висівного апарату, що проводяться з висівом на липку стрічку, і в ґрунтовому каналі показали, що для дотримання агротехнічних вимог [23] за кількістю насіння, що висіваються від встановленої норми доцільно обмежити максимальну швидкість посіву до 2,5 м/с (9 км/ч).

3.3 Вплив режиму роботи експериментального висівного апарату на дроблення насіння сої

Важливим показником якості роботи висівного апарату при посіві сої є дроблення насіння.

Аналіз результатів експерименту показує, що дроблення насіння при висіві

експериментальним висівним апаратом залежить від швидкості агрегату і кутової швидкості ворошителя. У дослідях застосовували насіння сої з лінійними розмірами в діапазоні від 5,5 до 6,5 мм, що відповідає згідно з прийнятою методикою діаметру сім'япроводу $d_c = 7,1$ мм і довжині дозуючого вікна $l_{до} = 10,2$ мм.

Відсоток дроблення насіння в експерименті згідно графіків (рис. 3.5) змінюється від 0,33% при швидкості агрегату 0,8 м/с і кутової швидкості ворошителя 15 с^{-1} до 1,67% при швидкості агрегату 2,9 м/с і кутової швидкості ворошителя 25 с^{-1} .

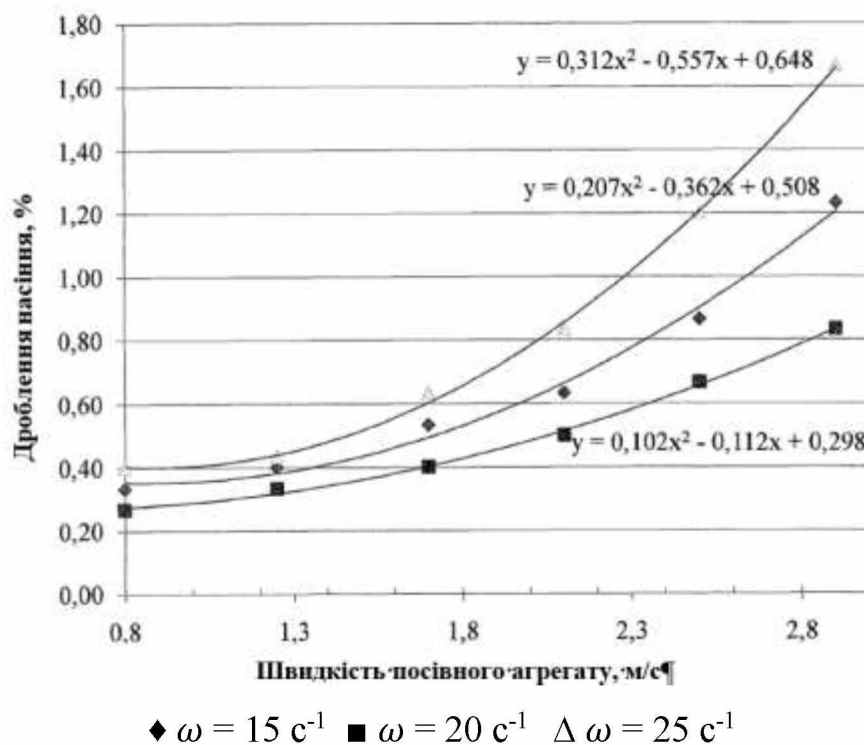


Рисунок 3.5 - Залежність дроблення насіння від швидкості посівного агрегату і кутової швидкості ворошителя при довжині дозуючого вікна $l_{до} = 10,2$ мм

Величина дроблення насіння експериментальним висівним апаратом знаходиться в допустимих агрономічних вимогах при посіві сої рівна і не перевищує 1% в наступних робочих режимах:

- в діапазоні робочих швидкостей агрегату до 2,5 м/с і кутової швидкості ворошителя 15 с^{-1} (дроблення на рівні 0,87%);
- при швидкості агрегату до 2,9 м/с і кутовій швидкості ворошителя 20 с^{-1}

(дроблення 0,83%);

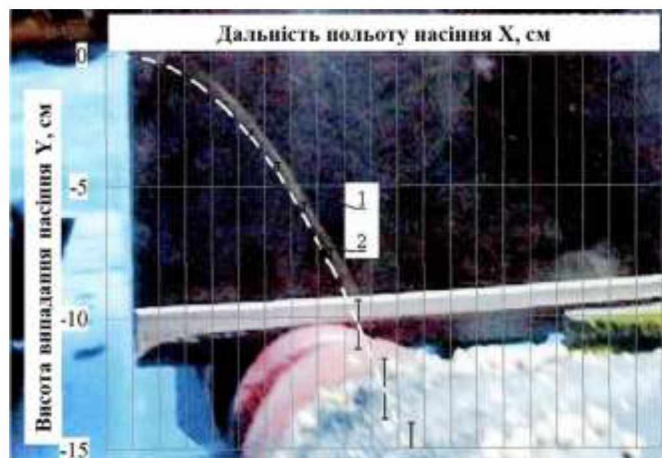
- при швидкості агрегату до 2,1 м/с, кутовій швидкості ворошителя 25 с^{-1} (дроблення 0,83%).

3.4 Вплив кінематичних характеристик посівного агрегату на експериментальну траєкторію руху насіння сої

Для здійснення якісного пунктирного посіву сої з дотриманням встановленого кроку необхідно, щоб після виходу насіння з плунжерній камери на шляху їх руху в ґрунтову борозенку виникало якомога менше перешкод у вигляді ударних навантажень об внутрішню поверхню сошника і тертя. Ці перешкоди призводять до травмування насіння, нерівномірності висіву, погіршення польової схожості і, як наслідок, зниження врожаю.

В експерименті по визначенню траєкторії руху насіння сої при викиді з плунжерній камери висівного апарату застосовували каліброване насіння сої із середнім діаметром 6,5 мм.

На графіках (рис. 3.6 та Б.1- Б.2 додаток Б) наочно видно, що при кутових швидкостях приводного кулачка, відповідних швидкостям агрегату 1,7; 2,1; 2,5 м/с, експериментальні траєкторії (позиція 1) при поєднанні з теоретичними (позиція 2), отриманими в тих же режимах роботи висівного апарату, цілком узгоджуються і знаходяться в зоні довірчих меж експерименту (для наочності теоретична траєкторія зміщена уздовж осі Y на 3%).



1 - експериментальна; 2 - теоретична

Рисунок 3.6 - Траєкторія руху насіння при швидкості агрегату 1,7 м/с

Отримані результати необхідно використовувати при проектуванні кутових відводів сошникових пристроїв в висівних апаратах плунжерного типу з метою скорочення можливого травмування насіння сої при транспортуванні після виходу з плунжерній камери в посівну борозенку, а також при визначенні оптимальних умов висіву.

3.5 Результати багатфакторного експерименту

В результаті постановки факторного експерименту були отримані результати варіаційної статистичної обробки експериментальних даних, а також рівняння регресії (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 - Результати багатфакторного експерименту

Повнофакторний експеримент 2 ³	u			Результати експериментів (коефіцієнтів варіації, %)				Дисперсія дослідів	
	i	m ₁	m ₂	m ₃	y ₁	y ₂	y ₃		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Повнофакторний експеримент 2 ³	1	2	3	5	2,450	1,900	2,286	2,212	0,080
	2	4	1	1	1,645	2,402	2,060	2,036	0,144
	3	8	4	6	3,574	2,610	1,843	2,676	0,752
	4	1	6	2	2,655	3,820	4,703	3,726	1,055
	5	3	5	4	1,610	1,394	2,030	1,678	0,105
	6	7	2	7	2,136	1,065	1,420	1,540	0,298
	7	5	7	8	2,414	1,369	3,250	2,344	0,888
	8	6	8	3	4,930	3,036	3,602	3,856	0,945
Зоряні точки	9	9	14	10	2,806	2,160	3,285	2,750	0,319
	10	12	12	11	3,726	3,108	2,510	3,115	0,370
	11	14	15	14	1,015	1,280	1,540	1,278	0,069
	12	15	10	12	2,890	2,752	1,201	2,281	0,880
	13	11	9	15	2,686	4,102	3,445	3,411	0,502
	14	13	13	9	3,499	3,601	2,251	3,117	0,565
0-0	15	10	11	13	2,307	1,209	2,375	1,964	0,428

Перевірка відтворюваності експерименту при рівній кількості вимірювань в кожній вибірці проводилася за критерієм Кохрена [19]:

- сума дисперсії дослідів:

$$\sum_{i=1}^N S_i^2 = 7,399 ;$$

- максимальне значення дисперсії в експерименті:

$$S_i^2 \max = 1,055 .$$

Тоді:

$$G_p = \frac{S_i^2 \max}{\sum_{i=1}^N S_i^2} = \frac{1,055}{7,399} = 0,143.$$

При $q = 0,05\%$; $r_1 = m-1 = 2$; $r_2 = N = 15$; $G_T = 0,3346$,

тоді $G_T - G_p = 0,3346 - 0,143 = 0,192 > 0$ однорідне відтворення.

Визначаємо коефіцієнти регресії і їх значущість за критерієм Стьюдента [19] (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 - Перевірка значущості коефіцієнтів регресії

Показник	0	1	2	3	11	22	33	12	13	23
$\sum_{i=1}^N x_i \bar{y}_1$	37,984	2,691	6,354	-1,588	1,02	2,656	2,001	2,876	0,5	0,828
b_i	2,532	0,246	0,58	-0,145	0,233	0,607	0,458	0,36	0,062	0,104
Перевірка значущості коефіцієнтів рівняння b_i										
S_{b_i}	0,035	0,041	0,041	0,041	0,109	0,109	0,109	0,067	0,067	0,067
$t_i = b_i / S_{b_i}$	72,875	6,041	14,267	-3,565	2,144	5,583	4,207	5,343	0,929	1,538
f	30	22	22	22	9	9	9	16	16	16
$t_{0,05}$	2,04	2,074	2,074	2,074	2,26	2,26	2,26	2,120	2,12	2,12
$T_i - t_{0,05} > 0$ - значимо	зн	зн	зн	зн	не	зн	зн	зн	не	не

З таблиці видно, що значущими коефіцієнтами є b_0 , b_1 , b_2 , b_3 , b_{22} , b_{33} , b_{12} .

Тоді рівняння регресії в кодованому вигляді буде виглядати наступним чином:

$$y = 2,532 + 0,246 \cdot X_1 + 0,58 \cdot X_2 - 0,145 \cdot X_3 + 0,607 \cdot X_2^2 + 0,458 \cdot X_3^2 + 0,36 \cdot X_1 \cdot X_2, \quad (3.1)$$

Адекватність отриманого рівняння перевірялася за критерієм Фішера [19] (табл. 3.3).

За рівнянням регресії обчислюємо значення вихідного параметра і визначаємо дисперсію адекватності.

У нашому випадку, при семи значущих коефіцієнтах регресії, маємо:

$f_1 = N - d = 15 - 7 = 8$; $f_2 = N(m - 1) = 15(3 - 1) = 30$. Тоді при 95% рівні значущості $F_T = 2,2$ [19].

Розрахункове значення критерію Фішера склало $F_P = 1,584$, тоді:

$$F_T - F_P = 2,2 - 1,584 = 0,616 > 0.$$

Значить, отримане рівняння регресії адекватно описує процес в межах

досліджуваної області.

Таблиця 3.3 - Перевірка адекватності рівняння регресії за критерієм Фішера

№	\hat{y}	$(\bar{y}; -\hat{y}_i)^2$	$\sum_{i=1}^N (\bar{y}, -\hat{y}_i)^2$	$S_{a\theta}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (\bar{y}, -\hat{y}_i)^2}{N-l}$	$F_p = \frac{S_{a\theta}^2}{S_y^2} \leq F_T$
1	1,999	0,046	6,252	0,781	1,584
2	1,771	0,07			
3	2,44	0,056			
4	3,65	0,006			
5	2,289	0,373			
6	2,061	0,271			
7	2,73	0,149			
8	3,94	0,007			
9	2,801	0,003			
10	3,398	0,08			
11	2,413	1,287			
12	3,823	2,377			
13	2,955	0,208			
14	3,289	0,03			
15	3,1	1,291			

Для зручності розрахунків проводимо перетворення [19] (розкодування) з урахуванням формули переходу до іменованих величин за пишемо рівняння регресії в розкодувати вигляді:

$$X_i = \frac{y_i - y_{o_i}}{e}, \quad (3.2)$$

де X_i - кодоване значення фактору (+1,0, -1);

y_i - натуральне значення фактору;

y_{o_i} - натуральне значення фактору на нульовому рівні;

e - натуральне значення інтервалу (кроку) варіювання фактору:

$$e = \frac{x_i^B - x_i^H}{2}, \quad (3.3)$$

де x_i^B, x_i^H - значення факторів на верхньому і нижньому рівні відповідно.

Розкодоване рівняння має вигляд:

$$v = 0,1244 + 0,615 v + 0,0116h - 0,29d + 0,00013h^2 + 0,0183d^2 + 0,00198 v h. \quad (3.4)$$

Для визначення значень факторів, що забезпечують оптимальний процес висіву насіння, склали для кодованого рівняння систему диференціальних

рівнянь, що представляють приватні похідні по всім трьом факторам [19]:

$$\begin{cases} \frac{dy}{dx_1} = 0,246 + 0,36x_1 \\ \frac{dy}{dx_2} = 0,58 + 1,214x_2 + 0,36x_1 \\ \frac{dy}{dx_3} = -0,145 + 0,916x_3 \end{cases} \quad (3.5)$$

Прирівнюючи до нуля частинні похідні і вирішуючи систему рівнянь щодо невідомих, визначили оптимальні значення факторів:

$$x_1 = 0,692;$$

$$x_2 = -0,683;$$

$$x_3 = 0,158.$$

Визначаємо оптимальні значення розкодованих факторів і параметра оптимізації по співвідношенню (3.2) з якого:

$$y_i = x_i e + y_{0i}. \quad (3.6)$$

Отримаємо:

$$v = 2,38 \text{ м/с};$$

$$h = 65,85 \text{ мм};$$

$$d = 6,6 \text{ мм}.$$

Вирішивши розкодовані рівняння регресії, використовуючи оптимальні значення факторів, отримали оптимальне значення критерію оптимізації (коефіцієнта варіації кроку висіву насіння) $v = 2,1091\%$. Округливши значення оптимальних чинників, отримаємо: швидкість агрегату $v = 2,4 \text{ м/с}$; висота викиду насіння $h = 65 \text{ мм}$; середній діаметр зерна $d = 6,6 \text{ мм}$.

Значення критерію оптимізації при округлених оптимальних значеннях факторів $v = 2,096\%$.

Для аналізу парного впливу розглянутих факторів на критерій оптимізації (коефіцієнт варіації кроку висіву, %), побудовані поверхні відгуків [20].

Поверхня відгуку при варіюванні швидкості агрегату і середнього діаметра зерна (рис. 3.7).

Рівняння регресії при нульовому рівні висоти викиду:

$$v = 2,5844 + 0,813 v - 0,29d + 0,0183 d^2. \quad (3.7)$$

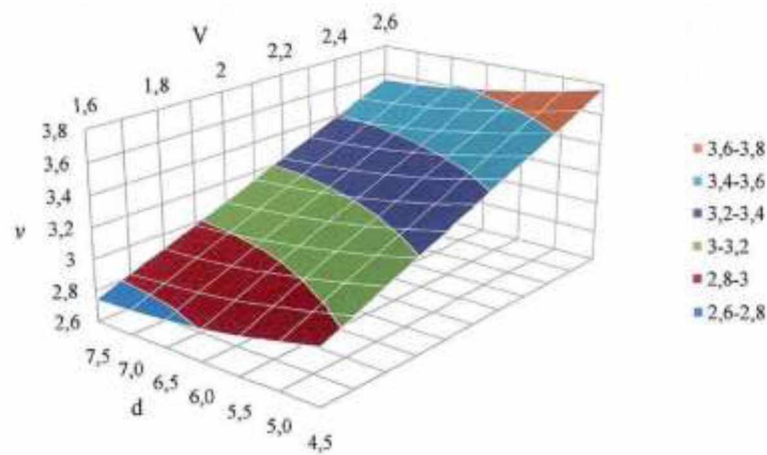


Рисунок 3.7 - Поверхня відгуку $v = f(d, v)$ при нульовому рівні $h = 100$ мм

Поверхня відгуку при варіюванні висоти викиду і середнього діаметра зерна (рис. В.1 додатку В).

Рівняння регресії при нульовому рівні швидкості агрегату:

$$v = 1,4159 + 0,0158h - 0,29d + 0,00013h^2 + 0,0183d^2. \quad (3.8)$$

Поверхня відгуку при варіюванні швидкості агрегату і висоти викиду насіння (рис. В.2 додатку В).

Рівняння регресії при нульовому рівні діаметру зерна:

$$v = -0,9874 + 0,615v + 0,00116h + 0,00013h^2 + 0,00198vh. \quad (3.9)$$

Перетину поверхонь відгуків парного впливу факторів на коефіцієнт варіації кроку висіву представлені на рис. В.3-В.5 додатку В.

Аналіз результатів багатофакторного експерименту показав, що оптимальним значенням критерію оптимізації (коефіцієнта варіації кроку висіву насіння) є величина $v = 2,096\%$, при цьому оптимальні значення варіювання факторів рівні: швидкість агрегату $v = 2,4$ м/с; висота викиду насіння $h = 65$ мм; середній діаметр зерна $d = 6,6$ мм.

Висновки за результатами експериментальних досліджень

1. Отримані значення сил ударного імпульсу, прикладених до одиничного зерна сої у висівному апараті плунжерного типу в розглянутому діапазоні кутових швидкостей приводного кулачка на підставі проведених експериментів, задовольняють агротехнічним вимогам з великим запасом.

2. Величина дроблення насіння експериментальним висівним апаратом знаходиться в допустимих агрономічних вимогах при посіві сої рівна і не перевищує 1% в наступних робочих режимах:

- в діапазоні робочих швидкостей агрегату до 2,5 м/с і кутової швидкості ворошителя 15 с^{-1} (дроблення на рівні 0,87%);

- при швидкості агрегату до 2,9 м/с і кутовій швидкості ворошителя 20 с^{-1} (дроблення 0,83%);

- при швидкості агрегату до 2,1 м/с, кутовій швидкості ворошителя 25 с^{-1} (дроблення 0,83%).

3. Результати багатофакторного експерименту показали, що оптимальним значенням критерію оптимізації (коефіцієнта варіації кроку висіву насіння) є величина $v = 2,096\%$, при цьому оптимальні значення варіювання факторів рівні: швидкість агрегату $v = 2,4 \text{ м/с}$; висота викиду насіння $h = 65 \text{ мм}$; середній діаметр зерна $d = 6,6 \text{ мм}$.

4. Теоретично обґрунтовано і експериментально підтверджено, що в інтервалі швидкостей посівного агрегату від 1,7 до 2,5 м/с умови безперебійної подачі зерна сої в експериментальному висівають апараті виконуються.

5. Експериментально встановлено, що для дотримання агротехнічних вимог по кількості насіння, що висіваються від встановленої норми доцільно обмежити максимальну швидкість посіву до 2,5 м/с (9 км/ч).

6. Встановлено теоретична залежність траєкторії польоту одиничного насіння сої при виході його з плунжерній камери, параметри якої підтверджені експериментально і можуть використовуватися для поліпшення якості висіву при проектуванні подібних висівних апаратів.

4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБОК

4.1 Екологічна експертиза

Екологічна експертиза являє собою врегульовану нормами діяльність експертів по аналізу, перевірці і оцінці документації об'єктів і рішень, на їх відповідність правилам і вимогам охорони навколишнього середовища і раціонального природокористування в цілях попередження можливих негативних наслідків для навколишнього середовища.

Цілі екологічної експертизи [25]:

- забезпечення наукового визначення відповідності проектних рішень сучасним екологічним вимогам перед їх затвердженням в компетентних державних органах;

- попередження можливого негативного втручання на екосистему функціонуючих і проектних об'єктів в процесі її реалізації.

Екологічна експертиза буває державною, громадською, а також інших видів. Вона є обов'язковою умовою законодавчої роботи господарства і іншої діяльності, яка впливає на стан навколишнього середовища. В останні роки відбуваються негативні зміни навколишнього середовища, тому у 1991 році 25 червня був прийнятий Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища», а 9 лютого 1995 року був прийнятий Закон України «Про екологічну експертизу». Зазначені закони визначає правові, екологічні і соціальні основи організації охорони навколишнього середовища, вимоги до проведення екологічної експертизи [25].

Громадська екологічна експертиза може здійснюватися в будь-якій сфері діяльності, що потребує екологічного обґрунтування, за ініціативою громадських організацій чи інших громадських формувань. Громадська екологічна експертиза може здійснюватися одночасно з державною екологічною експертизою шляхом створення на добровільних засадах тимчасових або постійних еколого-експертних колективів громадських організацій чи інших

громадських формувань.

Еколого-експертний процес складається з трьох основних етапів [25]:

- підготовчого, або перевірки необхідних даних, представлених проектних матеріалів і їх відповідності до законодавства;

- основного, або аналітичної обробки даних по об'єктах експертизи;

- заключного, або підведення результату і оцінці даних і складання акту.

Екологія в сільськогосподарському виробництві займає чинне місце, оскільки здійснюється суттєвий вплив на оточуюче середовище, особливо в наш час і з розвитком нових технологічних процесів, що впроваджуються у виробництво, застосуванням модернізованої техніки в Україні.

Спрямована екологічна експертиза на підготовку висновків про відповідність запланованої чи здійснюваної діяльності нормам та вимогам законодавства про охорону навколишнього природного середовища, раціонального використання і відтворення природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки.

Завдання екологічної експертизи полягають у регулюванні суспільних відносин в галузі екологічної експертизи для забезпечення екологічної безпеки, охорони навколишнього середовища, раціонального використання та відтворення природних ресурсів, захисту екологічних прав та інтересів громадян держави.

Мета екологічної експертизи - запобігання негативному впливу антропогенної діяльності на природне середовище та здоров'я людей, а також оцінка ступеня екологічної безпеки господарської діяльності та екологічної ситуації на окремих територіях та об'єктах.

Вимоги до проведення екологічної експертизи такі [25]:

1. Дотримання пріоритету права суспільства на сприятливе екологічне середовище.

2. Гармонійне поєднання екологічних та економічних інтересів.

3. Екологічна сутність об'єктів з вимогами охорони довкілля.

4. Комплексна еколого-економічна оцінка існуючого чи передбачуваного

впливу на навколишнє середовище.

5. Альтернативні варіанти зменшення негативних впливів об'єктів експертизи на оточуюче середовище.

6. Суворе дотримання законодавства та державних норм природокористування.

Порядок проведення екологічної експертизи включає:

1. Перевірку наявності та повноти матеріалів та реквізитів на об'єкти екологічної експертизи.

2. Аналітичне опрацювання матеріалів екологічної експертизи.

3. Узагальнення окремих експертних досліджень та наслідків діяльності об'єктів експертизи.

4. Підготовку висновків.

Технологія сільськогосподарського виробництва має базуватися на екологічно-обґрунтованих раціональних нормах [25].

Відповідно до теми роботи об'єктом забруднення навколишнього середовища є трактор.

Діяльність тракторного парку в тому числі і території де знаходиться він, а особливо паливно-мастильні матеріали, впливає на стан оточуючого середовища, тому ми пропонуємо деякі заходи по попередженню забруднення навколишнього середовища.

В тракторних бригадах джерелом виходу забруднюючих речовин в атмосферу є обладнання, яке встановлене на території: майстерні, цистерни та склади для зберігання паливно-мастильних матеріалів, заправні колонки.

Згідно ГОСТ 12.1.005-76 система безпеки стандартів праці «Повітря робочої зони. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги», в якому регламентується допустимий вміст шкідливих речовин в перерахованих джерелах: сірчаний ангідрид - 10 мг/м, оксид вуглецю - 20 мг/м, двооксид азоту - 5 мг/м, тверді речовини - 1 мг/м.

В зв'язку з цим для забезпечення чистоти повітря, крім діючої вентиляції у приміщеннях, пропонуємо встановити пристрій для очищення повітря від

забруднюючих речовин. Для очищення повітря пропонуємо до загальної системи вентиляції додати циліндричний циклон ЦН-15, який очищує повітря.

Джерелом забруднення ґрунту і ґрунтових вод є ПММ, заправне обладнання, санвузол, так на них проводяться викиди забруднюючих рідин у каналізацію.

Стічні води підлягають взаємній нейтралізації шляхом змішування їх у фільтрі відстійнику, а потім пропусканню їх крізь розчин вапна, де вони повністю нейтралізуються і направляються в живильний басейн для можливого повторного їх використання. Стічні води містять консистентні мастила, дизпаливо, етиленгліколь, луѓи та інші речовини. Вони мають РН=9-10,5, хімічний кисень в межах 9-5 г/л і 10-16 г/л емульсійних масл. Ці стічні води направляються в загальний колектор, а потім очищатися на двох установках. Стічні води з санвузлів направляються у спеціальні фільтри - відстійники, де вони підлягають хлоруванню. Відпрацьовані технічні рідини та мастила, відстій дизельного пального зливають окремо в спеціальні герметичні ємності, в яких вони відстоюються на протязі двох місяців. Потім зливають в автоцистерну і транспортують на пункт збирання відпрацьованих мастил і технічних рідин нафтобази. Так як зараз відбуваються перебої з вивозом цих рідин, то пропонуємо слідкувати за регулярністю вивозу, не допускати розливання їх на ґрунт.

Отже, дані заходи забезпечать мінімальний вплив на екологічну систему при технічному обслуговуванні техніки в тракторній бригаді.

4.2 Охорона праці

4.2.1 Актуальність проблеми безпеки людини у виробничому середовищі

Охорона праці в нашій країні охоплює заходи по покращенню умов праці на основі механізації важких і шкідливих виробничих процесів, широкому

впровадженню сучасних засобів охорони праці, усуненню причин, що породжують травматизм і професійні захворювання робітників. Вона тісно пов'язана з умовами праці.

Умови праці - це складне об'єктивне суспільне явище, що формується в процесі трудової діяльності під впливом взаємопов'язаних факторів соціально-економічного характеру, які впливають на здоров'я, працездатність людини, на її відношення до праці та ступінь задоволення від неї, на ефективність праці та інші економічні результати виробництва [26].

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях в умовах сільського виробництва - важливе завдання, вирішення якого забезпечить нормальні умови праці працівниками сільського господарства. Це заходи по подальшому поліпшенню і оздоровленню умов праці, широкому впровадженню сучасних засобів безпеки, усуненню причин, що породжують травматизм, створенню на виробництві необхідних гігієнічних і санітарно-побутових умов.

4.2.2 Технічний регламент та вимоги безпеки при технічному обслуговуванні тракторного парку

1. До роботи трактористом допускають осіб, які досягли 18 років, пройшли медичний огляд, інструктажі з питань охорони праці (вступний та первинний), навчання по затвердженій програмі, перевірку знань комісією та одержали посвідчення на право управління транспортним засобом.

2. Повторний інструктаж тракторист повинен проходити 1 раз у 3 місяці, повторну перевірку знань, після попередньої перепідготовки - через 12 місяців.

3. Забороняється приступати до роботи в хворобливому стані, та стані алкогольного чи наркотичного сп'яніння.

4. Під час виконання робіт можливі наступні небезпечні та шкідливі фактори, що впливають на тракториста:

- падіння людини, падіння предметів на людину;
- наїзд трактору;

- незахищені рухомі елементи машин;
- недостатнє або надмірне освітлення робочого місця;
- запиленість та загазованість відпрацьованими газами;
- шум та вібрація на робочому місці.

5. Згідно до «Норм безкоштовного видавання спецодягу, спецвзуття та запобіжних пристосувань» трактористові належать наступні засоби індивідуального захисту:

- комбінезон бавовняний для захисту від механічних пошкоджень та виробничих забруднень, черевики юхтові на шкіряній або гумовій підшві, рукавиці комбіновані з накладками з текститну.

Зимомою додатково: куртка бавовняна з утепленою підкладкою та штани на утепленій підкладці.

6. Під час експлуатації транспортного засобу водій повинен дотримуватись вимог інструкцій по експлуатації його та пожежної безпеки.

7. Тракторист повинен дотримуватись вимог правил виробничої санітарії та особистої гігієни.

8. Особи, що порушили вимоги інструкції, несуть дисциплінарну відповідальність, згідно чинного законодавства за винятком випадків, коли порушення вимог тягне кримінальну відповідальність.

4.2.3 Аналіз формування травмонебезпечних ситуацій

Аналіз небезпечних умов, які існують чи виникають безпосередньо на виробництві показав, що їх можна поділити на групи, які [26]:

- характеризують стан або рівень безпеки виробничого обладнання або певного робочого місця, конструктивні недоліки конкретного вузла чи машини;
- спонукають працюючого допускати помилки у процесі роботи, низька кваліфікація працюючого та рівень знань з охорони праці;
- створюють можливість проникнення працюючого у небезпечну зону в наслідок відсутності відповідного контролю за дотриманням правил з охорони праці, та інші.

Всяке порушення аналітичної цілості організму або його функцій внаслідок дії на людину, дії будь-якого небезпечного фактору визначається як травма.

Якщо внаслідок аварії технічної системи виникли травми у людей, то сам випадок травми необхідно розглянути як подію, що є наслідком аварії. Це стосується тих систем, у яких підсистемами одночасно є машина і людина. Якщо при функціонуванні таких систем з ладу вийшла машина, раптово припинивши свої функції внаслідок руйнування окремих деталей або самої машини, і це привело до значного матеріального збитку, то таке випадкове явище необхідно назвати аварією.

Оскільки при функціонуванні людино-машинних систем такі явища як травми, аварії мають дуже близькі механізми формування та виникнення, у подальшому ці явища будуть описуватись паралельно.

Висновки та пропозиції

За умов складання на підприємстві планів попередження, а у разі виникнення локалізації і ліквідації пожеж, а також проведення тренувань серед персоналу можна уникнути виникнення надзвичайної ситуації або її важких наслідків.

Для того щоб на підприємстві трапилося менше випадків які закінчуються травмами необхідно дотримуватись наступних заходів:

1. Забезпечити видання стандартних розмірів спецодягу та головних уборів.
2. Забезпечити біля кожного робочого місця наявність інструкції по вимогам безпеки та знаки з попереджувальними написами.
3. Забезпечити зменшення загазованості повітря в ремонтній майстерні.
4. Обладнати приміщення для проведення інструктажів та навчання працівників з питань охорони праці.
5. Організувати постійний контроль за станом охорони праці.
6. Поновити електроізоляцію.

Виконання запропонованих заходів сприятиме зниженню ризику небезпек, що призведе до зниження рівня виробничого травматизму.

4.3 Економічна ефективність впровадження висівного апарату плунжерного типу для посіву сої

Визначення економічної ефективності від застосування пропонованого висівного апарату визначимо на прикладі порівняння додаткових витрат і додаткового виходу продукції, викликаного цими витратами [27]. В якості базового варіанту розглядається пунктирний посів сої бурякової сівалкою ССТ-12 з пристосуванням СТЯ 31.000. Додаткові витрати пов'язані з виготовленням висівних апаратів плунжерного типу, переобладнанням сівалки ССТ-12 і собівартістю додаткової продукції. Базова і експериментальна сівалки

Рівень виробничої рентабельності знаходиться як відношення додаткового чистого доходу до додаткових витрат і виражається у відсотках. Рівень рентабельності застосування експериментальної сівалки становить 73%.

Термін окупності витрат визначається як відношення вартості додаткової продукції до додаткових витрат. Впровадження переобладнаної сівалки із застосуванням апаратів точного висіву плунжерного типу окупає вкладення додаткових витрат уже в перший рік застосування в 1,73 рази.

Основні показники економічної ефективності впровадження експериментальної сівалки обладнаної апаратами точного висіву плунжерного типу для посіву сої представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Показники економічної ефективності впровадження експериментальної сівалки

Показники	Од. вим.	Значення
Площа посіву	га	100
Додаткова продукція: В натуральному значенні У вартісному вираженні	т/га	0,23
	грн./га	2530
Додаткові витрати на переобладнання сівалки	грн.	146000
Додатковий чистий дохід	грн.	107000
Рівень рентабельності	%	73
Термін окупності	років	1

4.3.1 Енергетична ефективність впровадження висівного апарату плунжерного типу для посіву сої

Застосування методів оцінки виробництва сільськогосподарських культур за витратами праці і економічними показниками в ряді випадків є недостатнім, оскільки ці показники мають істотні коливання, обумовлені політикою ціноутворення, і не дозволяють встановити рівень необхідних витрат енергії на виробництво продуктів. Все зростаючий дефіцит енергії вимагає такого підходу до оцінки механізованих технологій і технологічних процесів, при якому повинні враховуватися енергетичні витрати на виробництво сільськогосподарської продукції.

Пропонована технологія обробітку сої відрізняється від базової тим, що при посіві так само застосовується бурякова сівалка ССТ-12, але укомплектована секціями з висівними апаратами плунжерного типу. Економічний ефект досягається за рахунок зниження норми висіву та підвищення врожайності культури.

У базовому варіанті посів здійснюється буряковою сівалкою ССТ-12 з пристосуванням для посіву сої пунктирним способом. Визначимо сукупні енерговитрати технологічного процесу посіву сої. У базовому і пропонованому варіантах посіву сівалки агрегатуються з трактором МТЗ-82.

Визначимо прямі витрати енергії [28]:

$$E_n = H_m(a_m + f_m), \quad (4.1)$$

де H_m - витрата палива, кг/га;

a_m - температура палива, МДж/кг;

f_m - коефіцієнт, що враховує додаткові витрати енергії на виробництво палива, МДж/кг.

$$E_{nб} = E_{nn} = 4,7(42,7 + 10) = 247,7 \text{ МДж/га}$$

Витрати енергії на виробництво насіння:

$$E_0 = \frac{a_0 H_0}{T_0}, \quad (4.2)$$

де a_0 - витрати енергії на виробництво, МДж / кг;

H_0 - норма висіву, кг/га;

T_0 - термін дії років, років.

$$E_{об} = \frac{5,0 \cdot 58,4}{1} = 292 \text{ МДж/кг}$$

$$E_{он} = \frac{5,0 \cdot 43,8}{1} = 219 \text{ МДж/кг}$$

Витрати праці [28]:

$$E_{ж} = \frac{n_{ч} a_{ж}}{W_{см}}, \quad (4.3)$$

де $n_{ч}$ - число робітників, чол;

$a_{ж}$ - енергетичний еквівалент витрат праці, МДж/год

$W_{см}$ - продуктивність агрегату за 1 год експлуатаційного часу, га.

$$E_{жб} = E_{жп} = \frac{1 \cdot 1,3}{2,3} = 0,6 \text{ МДж/га}$$

Питома енергоємність трактора в розрахунку на 1 год. роботи:

$$E_m = \frac{M_m a_{мп} (a_m + a_{mk} + a_{mn})}{100 T_{нт}}, \quad (4.4)$$

де M_m - маса трактора, кг;

$a_{мп}$ - енергетичний еквівалент трактора, МДж/кг;

a_t, a_{mk}, a_{mn} - відрахування на реновацію, капітальний і поточний ремонт, %;

$T_{нт}$ - нормативне завантаження трактора, год.

$$E_{mn} = E_{mb} \frac{3370 \cdot 120(10 + 14,9)}{100 \cdot 1095} = 92,0 \text{ МДж/ч}$$

Питома енергоємність сівалки:

$$E_M = \frac{M_M a_{мп} (a_M + a_{mm})}{100 T_{нм}}, \quad (4.5)$$

де M_M - маса сівалки, кг;

$a_{мп}$ - енергетичний еквівалент сівалки, МДж/кг;

a_M, a_{mm} - відрахування на реновацію, і поточний ремонт сівалки, %;

$T_{нм}$ - нормативне завантаження сівалки, год.

$$E_{mb} = \frac{1194 \cdot 104(12,5 + 7,0)}{100 \cdot 40} = 604,4 \text{ МДж/ч}$$

$$E_{Mb} = \frac{1194 \cdot 112(12,5 + 7,0)}{100 \cdot 40} = 651,9 \text{ МДж/ч}$$

Сумарна енергоємність посівного агрегату в розрахунку на 1 га:

$$E_{mM} = \frac{E_m + E_M}{W_{см}}, \quad (4.6)$$

$$E_{mnp} = \frac{92,0 + 651,9}{2,3} = 323,4 \text{ МДж/га}$$

Повні енерговитрати технологічного процесу [28]:

$$E_{mnб} = E_n + E_o + E_{ж} + E_{mm} \quad (4.7)$$

$$E_{mnб} = 247,7 + 292 + 0,6 + 303,2 = 843,5 \text{ МДж/га}$$

$$E_{mnб} = 247,7 + 219 + 0,6 + 323,4 = 790,7 \text{ МДж/га}$$

Як показують результати розрахунку, процес посіву сої модернізованою сівалкою із застосуванням апаратів точного висіву плунжерного типу є менш енергоємними у порівнянні з посівом базовою сівалкою точного висіву. Економія енерговитрат пов'язана з витратами на виробництво насіння (норма висіву менше базової на 100 тис. шт. на га) і становить 52,8 МДж/га.

Поряд з цим застосування пропонованого посівного агрегату, за результатами впровадження у виробництво, дає прибавку врожаю 0,23 т/га або при енерговмісті 15,5 МДж в 1 кг зерна сої, додатково отримуємо 3565 МДж/га.

Показники енерговитрат при посіві сої базовим і пропонованим посівними агрегатами представлені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Порівняльні енергетичні показники посіву сої базової і пропонованої сівалками точного висіву

Показники	Пропозиція	Базовий варіант
Прямі витрати енергії, МДж/га	247,7	
Витрати енергії на виробництво насіння, МДж/га	219,0	292,0
Витрати праці, МДж/га	0,6	
Питома енергоємність трактора, МДж/год	92,0	
Питома енергоємність посівної машини, МДж/год	651,9	605,4
Повні енерговитрати, МДж/га	790,7	843,5
Економія енерговитрат, МДж/га	52,8	-
Додатковий вихід енергії, МДж/га	3565	-

Проведені виробничі випробування дозволили визначити основні техніко-економічні показники впровадження експериментальної сівалки обладнаної апаратами точного висіву плунжерного типу для посіву сої. Річний чистий дохід склав 107000 грн., рівень рентабельності 73%, а термін окупності додаткових капіталовкладень 1 рік.

ВИСНОВКИ

1. Отримані значення сил ударного імпульсу, прикладених до одиничного зерна сої у висівному апараті плунжерного типу в розглянутому діапазоні кутових швидкостей приводного кулачка на підставі проведених експериментів, задовольняють агротехнічним вимогам з великим запасом.

2. Величина дроблення насіння експериментальним висівним апаратом знаходиться в допустимих агрономічних вимогах при посіві сої рівна і не перевищує 1% в наступних робочих режимах:

- в діапазоні робочих швидкостей агрегату до 2,5 м/с і кутової швидкості ворошителя 15 с^{-1} (дроблення на рівні 0,87%);

- при швидкості агрегату до 2,9 м/с і кутовій швидкості ворошителя 20 с^{-1} (дроблення 0,83%);

- при швидкості агрегату до 2,1 м/с, кутовій швидкості ворошителя 25 с^{-1} (дроблення 0,83%).

3. Результати багатофакторного експерименту показали, що оптимальним значенням критерію оптимізації (коефіцієнта варіації кроку висіву насіння) є величина $v = 2,096\%$, при цьому оптимальні значення варіювання факторів рівні: швидкість агрегату $v = 2,4 \text{ м/с}$; висота викиду насіння $h = 65 \text{ мм}$; середній діаметр зерна $d = 6,6 \text{ мм}$.

4. Теоретично обґрунтовано і експериментально підтверджено, що в інтервалі швидкостей посівного агрегату від 1,7 до 2,5 м/с умови безперебійної подачі зерна сої в експериментальному висівають апараті виконуються.

5. Експериментально встановлено, що для дотримання агротехнічних вимог по кількості насіння, що висіваються від встановленої норми доцільно обмежити максимальну швидкість посіву до 2,5 м/с (9 км/ч).

6. Встановлено теоретична залежність траєкторії польоту одиничного насіння сої при виході його з плунжерній камери, параметри якої підтверджені експериментально і можуть використовуватися для поліпшення якості висіву при проектуванні подібних висівних апаратів.

7. Аналіз теоретичних і експериментальних досліджень дозволив виділити основні фактори, що впливають на якість точного висіву насіння, за результатами багатофакторного експерименту встановлено їх оптимальні параметри: швидкість агрегату $v = 2,4$ м/с; висота викиду насіння $h = 65$ мм; середній діаметр зерна $d = 6,6$ мм.

8. Виробничі випробування показали економічну доцільність застосування посівного агрегату, оснащеного пропонованими апаратами точного висіву плунжерного типу, використання якого при посіві сої дає прибавку врожаю більше 0,2 т/га в порівнянні з посівом базовим агрегатом.

9. Річний дохід впровадження сівалки обладнаної апаратом точного висіву плунжерного типу для посіву сої склав 107000 грн., рівень рентабельності 73%, а термін окупності додаткових капіталовкладень 1 рік.