

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: «Удосконалення технологічного процесу загортання насіння
при посіві просапних культур»

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 1

Бутко Р.В.

Прізвище та ініціали здобувача вищої освіти

Керівник: Лапенко Т.Г.

Прізвище та ініціали керівника

Рецензент: Дудник В.В.

Прізвище та ініціали рецензента

Полтава – 2021 року

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи: 58 с., 21 рис., 19 табл., 1 додаток, 25 джерел.

Об'єкт дослідження - технологічний процес закладення насіння при посіві просапних культур.

Мета роботи - підвищення якісних показників посіву шляхом вдосконалення процесу закладення насіння.

Методи досліджень - теоретичні дослідження процесу закладення насіння і тягового опору багатофункціональної сошникової групи з використанням методів класичної механіки і математичного аналізу; експериментальні дослідження, застосування методів планування багатофакторного експерименту, оцінки адекватності і достовірності отриманих результатів, визначення економічної ефективності.

Для проведення експериментальних досліджень були використані існуючі і розроблені лабораторні установки. Результати вимірювань оброблялися методами математичної статистики із застосуванням ЕОМ.

Результати роботи полягають в розробці технологічної і конструктивної схема багатофункціональної сошникової групи, що дозволяє якісно закладати насіння шляхом вдавлення його в борозенку та виконувати відведення грудок із зони рядка і прикочувати рядок без ущільнення ґрунту над ним.

Ступінь впровадження - за результатами досліджень дано рекомендації, що можуть бути використані в процесі посіву насіння просапних культур.

Техніко-економічного розрахунку показали, що впровадження експериментальної багатофункціональної сошникової групи для посіву просапних культур дозволить мати річний дохід 20848,9 грн., загальну річну економію коштів - 116102,8 грн, при терміні окупності 1,4 роки.

Ключові слова: НАСІННЯ, ГРУНТ, ПРОСАПНІ КУЛЬТУРИ, СОШНИК, СІВАЛКА, ШВИДКІСТЬ РУХУ, КРОК ПОСІВУ, ГЛИБИНА ЗАГОРТАННЯ.

ЗМІСТ

	ВСТУП.....	7
1	СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМУ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	9
1.1	Аналіз способів посіву	9
1.2	Передпосівна обробка ґрунту	10
1.3	Сошникові групи	11
2	МЕТОДИКА Й ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	20
2.1	Програма досліджень	20
2.2	Методика дослідження процесу загортання насіння в ґрунт тарілковим сошником	20
2.3	Методика проведення польових досліджень експериментального зразка багатофункціональної сошникової групи	23
3	РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	25
3.1	Дослідження сошникової групи	25
3.2	Результати визначення процесу загортання насіння в ґрунт тарілковим сошником	30
3.3	Результати проведення польових досліджень	39
3.3.1	Крок посіву	39
3.3.2	Коефіцієнт варіації глибини загортання насіння	40
3.3.3	Коефіцієнт варіації відхилення від прямолінійності висіву	41

4	РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБОК.....	44
4.1	Екологічна експертиза.....	44
4.2	Охорона праці	47
4.2.1	Актуальність проблеми безпеки людини у виробничому середовищі	47
4.2.2	Технічний регламент та вимоги безпеки при технічному обслуговуванні тракторного парку	48
4.2.3	Аналіз формування травмонебезпечних ситуацій	49
4.3	Економічна ефективність впровадження багатофункціональної сошникової групи для посіву просапних культур	51
4.3.1	Розрахунок експлуатаційних витрат	51
4.3.2	Розрахунок додаткової економії	54
	ВИСНОВКИ.....	58
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	59
	ДОДАТКИ.....	61

ВСТУП

Сошникової група - найважливіший вузол сівалки. Вона повинна видаляти грудки ґрунту із зони рядка, робити посівну канавку, укласти насіння на щільне дно канавки, дотримуватись заданої глибини закладення, забезпечувати хороший контакт насіння з ґрунтом, створювати рихлий мульчований над насіннєвий шар.

Сошникові групи, які використовують, незважаючи на їх різноманітність, не повністю задовольняють поставлені агротехнічні вимоги.

Крім того, жодна з відомих сошникових груп просапних сівалок не знищує бур'яни в захисних зонах рядків одночасно з посівом.

Актуальність роботи полягає в теоретичному дослідженні взаємодію сошникової групи з ґрунтом і насінням. На основі аналізу способів загортання насіння при посіві виявити основні напрямки їх вдосконалення та обґрунтувати конструктивно-технологічну схему сошникової групи просапної сівалки.

Мета дослідження є підвищення якісних показників посіву шляхом вдосконалення процесу закладення насіння.

Об'єкт дослідження є технологічний процес закладення насіння при посіві просапних культур.

Предмет дослідження є закономірності процесу закладення насіння залежно від конструктивних і технологічних параметрів сошникової групи сівалки.

Методи досліджень полягають в теоретичному дослідженні процесу закладення насіння і тягового опору багатофункціональної сошникової групи з використанням методів класичної механіки і математичного аналізу; експериментальні дослідження, застосування методів планування багатофакторного експерименту, оцінки адекватності і достовірності отриманих результатів, визначення економічної ефективності.

Для проведення експериментальних досліджень були використані існуючі і розроблені лабораторні установки. Результати вимірювань оброблялися методами математичної статистики із застосуванням ЕОМ.

Наукова новизна полягає в отриманні способу закладення насіння при посіві шляхом його втискування в ґрунт та аналітичних залежностей, що характеризують взаємодію насіння з сошником і ґрунтом.

Практична значимість полягає в розробленні багатофункціональної сошникової група, що забезпечить підвищення якісних показників посіву просапних культур.

1. СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Аналіз способів посіву

Просапні культури сіють рядовим способом, тобто насіння розміщують на полі рядками.

При посіві відстань між насінням в ряду (крок посіву) і між рядами (ширина міжрядь) вибирається на підставі рекомендованої площі живлення.

Міжряддя - це проміжок (відстань) між двома сусідніми рядами.

Площа живлення - площа поля, що приходить на одну рослину. Це найважливіший показник, що визначає врожайність і якість продукції, стійкість рослини до заростання бур'янами [1, 2]. Вивченням впливу площі живлення на врожай займалися багато вчених, серед найвідоміших М.Є. Вольні, В.І. Єдельштейн, Д.Н. Прянішніков. Вони дослідним шляхом довели що, при надмірно загущених посівах одна рослина пригноблює іншу, а при проріджених - не використовується уся площа поля, на якій потім розростаються бур'яни, усе це призводить до зниження врожайності [3, 4].

Існує кілька способів посіву насіння просапних культур за прийнятими схемами [1, 2].

По розташуванню рядів на полі.

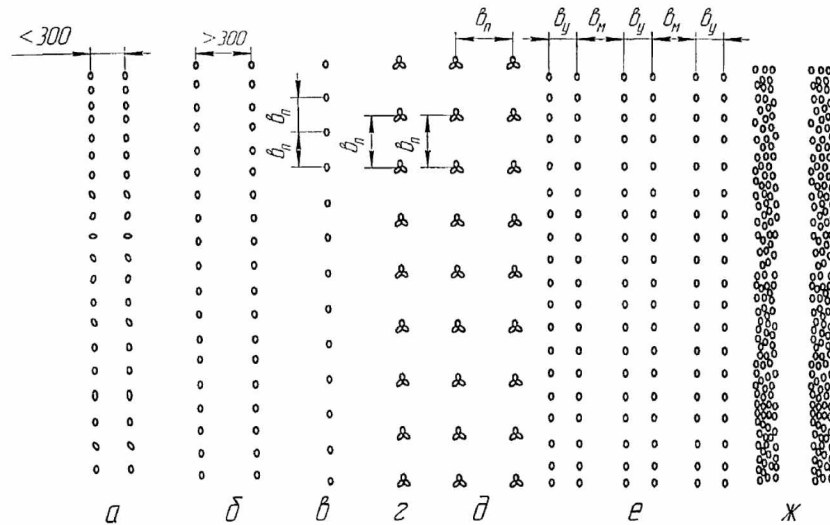
Рівно міжрядний посів, якщо усі міжряддя (e_m) однакові (рис. 1.1). Він буває вузькорядний (рис. 1.1, а), широкорядний (рис. 1.1, б).

Стрічковий, при якому звужені міжряддя (e_v) (рис. 1.1 е) чергуються з розширеними (e_m), які потрібні для проходу коліс (гусениць) тракторів, сільськогосподарських машин при догляді за посівами і прибиранні.

По розміщенню насіння в ряду.

При чітко заданій відстані між насінням (e_n) отримують пунктирний, точний рядовий посів (рис. 1.1, в). Його виконують сівалками точного посіву. Коли висіюють разом по дві і більше насінини, то такий посів називають гніздовим (рис. 1.1, г), якщо відстань між гніздами (e_n) дорівнює відстані між

рядами (b_m) - квадратно-гніздовим (рис. 1.1, д). Якщо ж відстань між насінням не впорядкована, то такий посів називають неупорядкованим або звичайним.



а - вузькорядний; б - широкорядний; в - точний (пунктирний); г - гніздовий;
д - квадратно-гніздовий; е - стрічковий; ж - смуговий

Рисунок 1.1- Схеми розміщення насіння на полі при різних способах посіву

1.2 Передпосівна обробка ґрунту

Нині при обробітці просапних культур передпосівну обробку ґрунту проводять по усьому полю, незалежно від місця розташування рядків. При цьому використовувані ґрунтообробні машини типу КПС-4 (КПК-4), вони мають жорсткі рами, до яких робочі органи кріпляться за допомогою шарнірної підвіски. На нерівностях при підйомі рами разом з копіюючими колесами робочі органи стають «на п'яту» (рис. 1.2) і вглиблюються, а при опусканні «на носок» - заглиблюються.



Рисунок 1.2 - Схеми роботи лап, при використанні культиватора з дволанковою підвіскою

Витримати необхідну стабільність глибини обробки складно. Це призводить до недружних, невирівняних сходів (рис. 1.3, а).

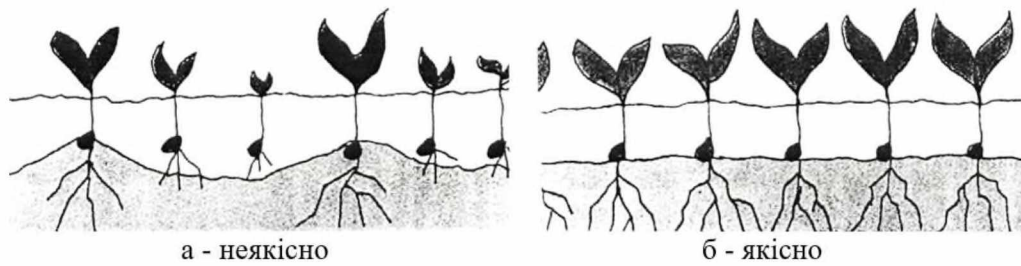


Рисунок 1.3 - Вплив передпосівної обробки на сходи

Поліпшення якісних показників досягається за рахунок ведення індивідуальної обробки зони рядків, відокремивши її від обробки ґрунту на іншій площі. При цьому повинна використовуватися чотирьох-ланкова підвіска ґрунтообробних робочих органів, що забезпечує вирівняне насіннєве ложе (рис. 1.3, б).

Встановлено, що для об'ємного контакту насіння з ґрунтом, яке покращує їх набрякання і проростання, розміри грудочок ґрунту в зоні насіння мають бути не більше 10 мм, тобто однакові з розмірами висіяного насіння. Для виключення ерозійних процесів, зниження випарування ґрунтової вологи і поліпшення аерації розміри грудочок у верхньому шарі, над насінням, повинні складати 10...16 мм, тобто в зоні посіву повинні створюватися шар ґрунту з різним фракційним складом [2].

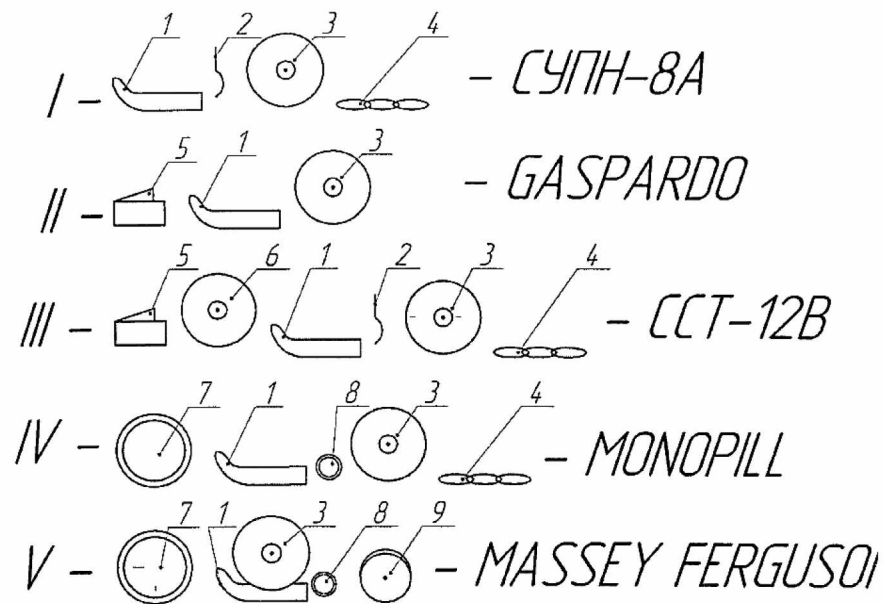
1.3 Сошникові групи

Для виконання поставлених агротехнічних вимог використовують різні технологічні схеми сошникових груп (рис. 1.4).

Найбільш проста сошникової група включає: сошник 1, загортач 2, копіювально-прикочуючий каток 3 і шлейф 4. Вона застосовується на сівалках типу СУПН.

Для підтримки рівномірності глибини закладення насіння сошникову групу оснащують пристроєм для видалення грудок.

З метою поліпшення копіювання застосовують два катки: передній 6 копіювально-прикочуючий і задній 3 що копіювально-прикочуючий. Така сошникова група використовується, наприклад, на бурякових сівалках типу ССТ.



I, II, III, IV, V - варіанти:

- 1 - сошник; 2 - загортач; 3 - копіювально-прикочуючий каток; 4 - шлейф;
 5 - пристрій для видалення грудок; 6 - копіювально-прикочуючий каток;
 7 - дисковий ніж; 8 - сошникове колесо; 9 - У-подібний каток

Рисунок 1.4 - Технологічні схеми сошникових груп

На більшості сівалок сошникову групу сполучають з рамою сівалки за допомогою паралелограмної підвіски [5].

На сівалках встановлюють пристрої для видалення грудок різних конструкцій (рис. 1.5).

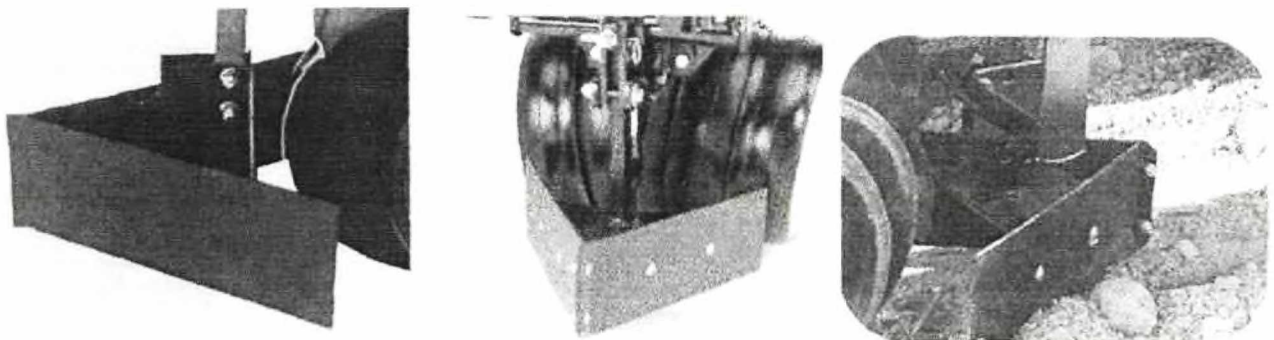


Рисунок 1.5 - Клиновидні пластинчаті пристрої для видалення грудок фірм John Deere, Kinze, Massey Ferguson відповідно

Клиновидні пластинчаті пристрої для видалення грудок (рис. 1.5) складаються з двох ножів, які знімають верхній шар сухого ґрунту або прибирають грудки, вирівнюючи поверхню.

Контролери бувають голчастими і дисковими (рис. 1.6). Виробниками пропонується різне компонування контролерів. Вони можуть бути з одним диском і з двома дисками.



Рисунок 1.6 - Види контролерів

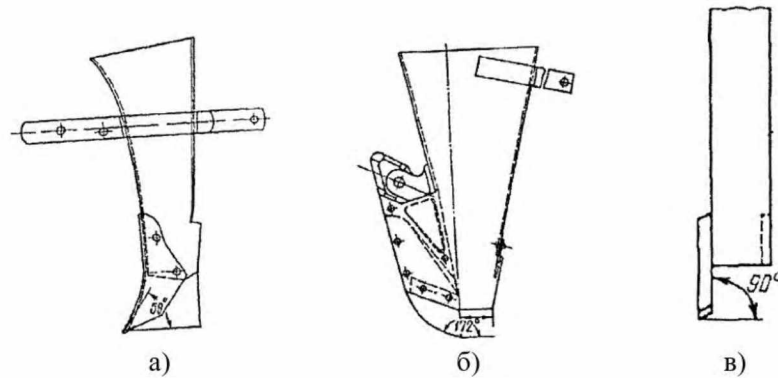
На полях де є пожнивні залишки і при роботі на важких ґрунтах замість пристроїв для видалення грудок розміщують дискові ножі (колтери) з різними модифікаціями.

Хвилеподібний (з різною кількістю хвиль), пузирчасті і так далі. Дискові ножі утворюють борозенки в ґрунті шириною 2,2...3,2 мм, розрізають рослинні залишки, виключаючи тим самим забивання ними сошників. Вони заглиблюються в ґрунт на туж глибину що і сошники.

Якість роботи пристроїв для видалення грудок і контролерів багато в чому визначає місцем розташування копіювальних катків. Оскільки у більшості випадків копіювальні катки розміщуються на відстані від пристроїв для видалення грудок, внаслідок чого, відбувається або зняття верхнього шару ґрунту і утворення борозенки, або збереження грудок в зоні рядка. При цьому не передбачається процес подрібнення грудок ґрунту розташованих в зоні рядка.

Сошники за принципом входження в ґрунт і канавко-утворюванню розділяють на три групи: з гострим, прямим і тупим кутом (рис. 1.7). Канавка, що утворюється цими групами сошників різна. У сошниках з гострим кутом ґрунт переміщується з низу до верху, внаслідок чого дно канавки виходить пухке. Сошники з тупим кутом здавлюють ґрунт зверху вниз, тому дно канавки

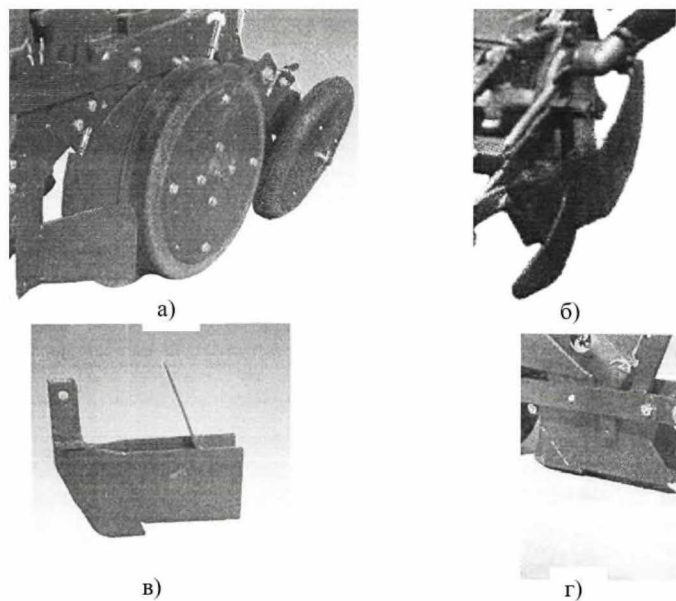
виходить ущільненим. Сошники з прямим кутом, розсовують ґрунт в сторони [6, 7, 8].



а - з гострим кутом входження; б - тупим кутом входження;
в - з прямим кутом входження

Рисунок 1.7 - Види сошників з різним принципом входження в ґрунт і канавко-утворюванням

Для посіву насіння просапних культур використовують різні сошники (рис. 1.8): полозоподібні, кілеподібні, дводискові, стрічкові.



а - дводисковий; б - полозоподібні; в - кілеподібні; г - стрічковий

Рисунок 1.8 - Сошники, що використовуються для посіву просапних культур

Полозоподібні сошники утворюють канавку завдяки ножеподібному наральнику, який плавно переходить в щоки. Щоки не дають можливості ґрунту

обсипатися. Наральник робить щільне посівне ложе, що покращує підтягування вологи до насіння. Проте полозоподібний сошник не створює щільний контакт насіння з ґрунтом, і воно після висіву має можливість, відскоку, змінюючи своє положення відносно місця падіння.

Кілеподібні сошники мають наральник, який здавлює ґрунт, створюючи щільне посівне ложе, що сприяє припливу вологи до насіння. Проте при зустрічі з великими грудками, рослинними залишками такі сошники виринають, збільшуючи глибини закладення насіння.

Дводискові сошники при обертанні, сходяться в передній частині, утворюючи клин. При обертанні дисків під час роботи вони розрізають ґрунт і розсовують його, утворюючи борозну. Однак в сівалках оснащених дисковими сошниками висіваючий апарат, як правило, розташований високо над рівнем ґрунту, тому висота падіння насіння збільшується і як наслідок збільшується коефіцієнт варіації кроку посіву. До того ж не забезпечується щільне насіннєве ложе, що погіршує схожість насіння.

Стрічкові сошники мають таку ж конструкцію, як і полозоподібні, проте вони відрізняються тим що, мають наральники з різними кутами входження [9].

Насіння після виходу з посівного апарату через насіннепровід потрапляє в канавку відкриту сошником, там воно під дією пружних сил відскакує, перекочується і тим самим відхиляється від лінії розташування насіння і від точки випадання. За даними Бондаренко П.А. та ін. коефіцієнт варіації кроку посіву при робочій швидкості сівалки 6,0 км/год, і заданим кроком посіву 12,0 см становить 50,5% [10]. За даними Кардашевського С.В. відхилення насіння від точки скидання при посіві сівалкою СКПН-6 з робочою швидкістю руху 6...8 км/год варіює від 117,0 до 155,4 мм [11].

Для підвищення якості посіву використовують різні технічні пристрої (рис. 1.9).

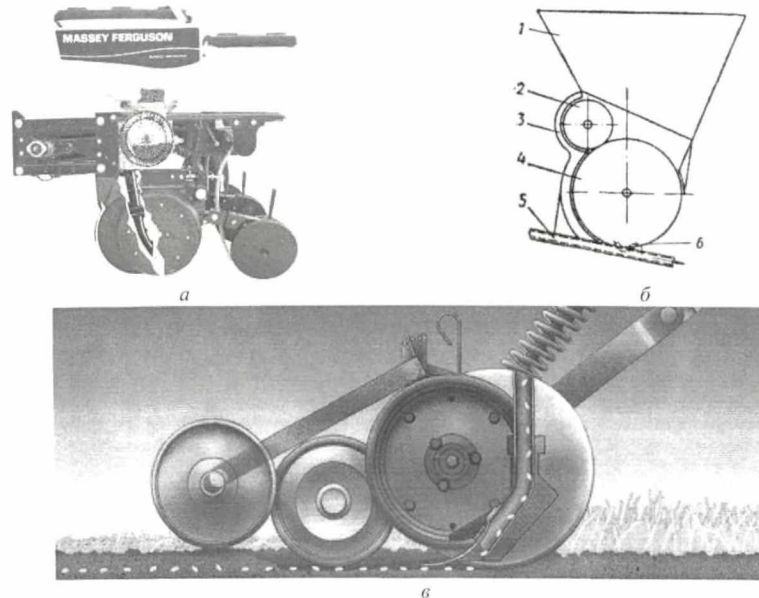
Деякі виробники для гасіння швидкості відскоку застосовують насіннепроводи, спрямовані в бік, протилежний руху сівалки (рис. 1.9, а).

Відомо висіваючий пристрій з транспортуванням насіння повітряним

потокот створений Б.Ф. Кузнецовим, Е.А. Беляєвим і ін. (рис. 1.9, б).

При роботі насіння чарунки диска і транспортуються вниз, де виштовхувач направляє їх в центр трубки, в якій створюється повітряний потік. Виштовхувач забезпечує по черговість і чіткість подачі насіння з чарунок. Однак дані пристрої не знайшли практичного застосування на сівалках через ускладнення їх конструкції [11].

Для гасіння швидкості відскоку насіння при падінні застосовують наконечники насіннепроводів у вигляді пелюстки (рис. 1.9, в).



а - насіннепроводів, спрямований у бік, протилежний руху сівалки;

б - висіваючий апарат з транспортуванням насіння повітряним потоком;

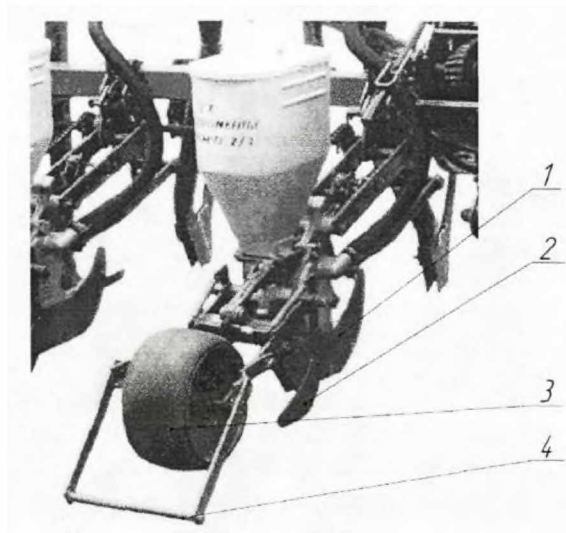
в - наконечник насіннепроводу у вигляді пелюстки;

1 - бункер; 2 - зчищаючий пристрій; 3 - корпус; 4 - чарунковий висіваючий диск; 5 - трубка для подачі повітря; 6 - клиновидний виштовхувач насіння

Рисунок 1.9 - Посівні секції з пристроєм зменшення швидкості відскоку насіння

Істотним технологічним недоліком сошникової групи є розміщення копіювально-прикочувального важкого котка по заду.

По-перше, попереду нього розташовані сошник 1 і загортачем 2 (рис. 1.10), які створюють нерівний мікрорельєф поверхні і тим самим збільшують коливання катка у вертикальній площині, а значить і зміну глибини загортання.



1 - сошник; 2 - загортач; 3 - копіювальний важкий коток; 4 - шлейф

Рисунок 1.10 - Секція сівалки СУПН-8А

По-друге, одночасно з поліпшенням контакту насіння з ґрунтом, ущільнюється верхній над насіннєвий шар ґрунту (рис. 1.11).

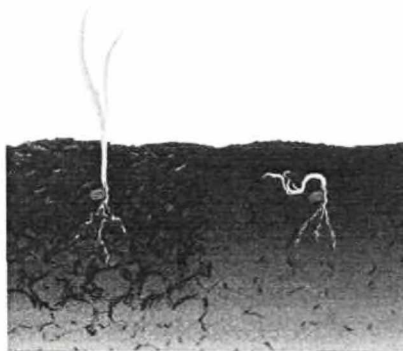


Рисунок 1.11 - Розташування насіння в пухкому та ущільненому шарі ґрунту

Це погіршує аерацію ґрунту і створює додаткові перешкоди для виходу проростків на поверхню. Підтягування ґрунтової вологи до поверхні збільшує її випаровування і створює більш сприятливі умови для насіння бур'янів, розташованих у верхньому більш прогрітому, шарі ґрунту. Вони випереджають у розвитку культурні рослини.

Виходячи з цього, кращим варіантом є розміщення копіювальних катків поруч з сошником (рис. 1.12). Виробники при цьому встановлюють копіювальні катки з хитаючим механізмом підвіски (рис. 1.12, а), що дозволяє кожному катку рухатися незалежно один від одного. Для роботи на сильно пухких полях, де потрібна хороша прохідність, встановлюють подвійні копіювальні катки

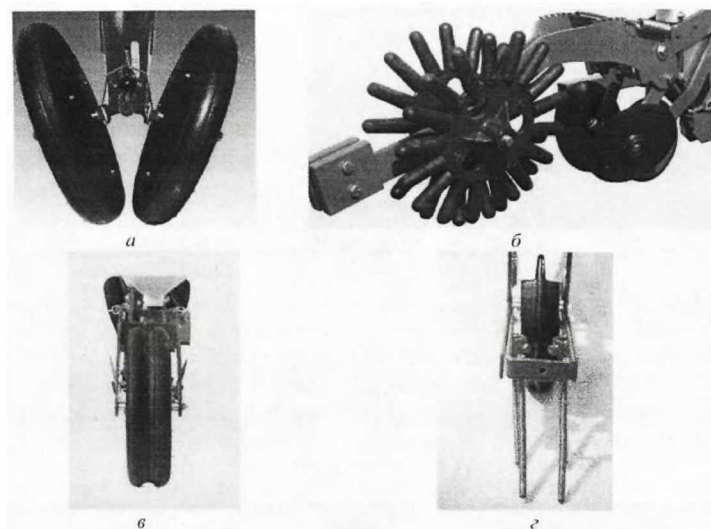
(рис. 1.12, б).



а - копіювальні колеса з хитаючим механізмом; б - подвійні копіювальні колеса

Рисунок 1.12 - Розташування копіювальних катків поруч з сошником

З метою поліпшення контакту насіння з ґрунтом без ущільнення поверхневого шару деякі виробники просапних сівалок застосовують V-подібну установку суцільних (рис. 1.13, а), пальчикових (рис. 1.13, б) прикочувальних катків, а також катків з виїмками (рис. 1.13, в) і ребордами (рис. 1.13, г).



а - V-подібний каток; б - пальчиковий ущільнюючий каток; в - ущільнюючий каток Monoflex; г - важкий каток з обмежувальними ребордами

Рисунок 1.13 - Прикочувальні катки

Однак у всіх випадках застосування прикочувальних катків над насінням створюється ущільнений шар ґрунту. Для поліпшення контакту насіння з ґрунтом бажано його вдавлювати в ґрунт зі збереженням зверху пухкого дрібно грудкового шару.

Щільне насіннєве ложе, покращує підведення вологи до насіння з нижніх

шарів ґрунту, погіршує процес проходу через нього зародкового корінця.

Слід зазначити, що в більшості сошникових груп відсутні робочі органи, які борються з проростками і сходами бур'янів в захисних зонах рядків одночасно з посівом. Це призводить до необхідності проведення механічної до сходової обробки ґрунту або до сходового (після сходового) застосування гербіцидів [12].

Висновки і постановка завдань досліджень

Після вивчення конструкцій пристроїв для видалення грудочок і процесу видалення ґрунту з зони посіву виявлено, що дані пристрої потрібно встановлювати безпосередньо перед копіювальним-прикочувальним катком.

Встановлено, що глибина загортання насіння залежить від якості передпосівної обробки і рівності поверхні поля, це забезпечується чотири-ланковою підвіскою секції до рами сівалки.

Виявлено, що зусилля деформації ґрунту під ущільнюючим котком, при повністю завантаженому насіннєвому бункері, доходить до глибини 80 мм, а при спустошенні бункера воно зменшується і не досягає зони розташування насіння.

Виходячи з аналізу літературних джерел та відповідно до поставленої мети, були сформульовані наступні завдання дослідження:

1. На основі аналізу способів загортання насіння при посіві виявити основні напрямки їх вдосконалення та обґрунтувати конструктивно-технологічну схему сошникової групи просапної сівалки.
2. Уточнити фізико-механічні та технологічні властивості ґрунту і насіння кукурудзи, соняшнику, що впливають на процес їх закладення при посіві.
3. Теоретично дослідити взаємодію сошникової групи, з ґрунтом і насінням.
4. Виявити взаємозв'язок конструктивно-технологічних параметрів з силовими характеристиками сошникової групи.
5. Оцінити якісні показники роботи багатофункціональної сошникової групи і її економічну ефективність при посіві просапних культур.

2 МЕТОДИКА Й ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Програма досліджень

На основі аналізу наукової та патентно-технічної літератури встановлено перспективні тенденції розвитку посівної техніки. У зв'язку з цим розроблено й теоретично обґрунтована нова технологічна і конструктивна схеми багатофункціональної сошникової групи, що дозволяє якісно проводити одночасно кілька технологічних процесів при обробітку просапних культур. Наступною стадією при розробці пропонованого пристрою було проведення експериментальних досліджень для підтвердження, отриманих в ході теоретичних досліджень, параметрів і режимів роботи багатофункціональної сошникової групи.

Програмою експериментальних досліджень передбачалося послідовне проведення досліджень в два етапи, за даними яких передбачалося обґрунтування конструктивних параметрів і режимів роботи багатофункціональної сошникової групи для обробітку просапних культур.

Перший етап полягав у проведенні рекогносцирувальних досліджень, спрямованих на виявлення характеру взаємодії з ґрунтом і посівним матеріалом, використовуваних в даний час робочих органів машин для проведення посіву просапних культур.

Другий етап експериментальних досліджень полягав у проведенні лабораторно-польових дослідів. Лабораторні експерименти здійснювалися в лабораторії зі штучним створенням умов, що наближаються до реальних. При цьому, складалися графічні залежності, що дозволяють визначити оптимальні параметри і режими роботи багатофункціональної сошникової групи [13, 14].

2.2 Методика дослідження процесу загортання насіння в ґрунт тарілковим сошником

Завдання дослідження. Визначити якісні показники посіву насіння

просапних культур: коефіцієнт варіації кроку посіву, відхилення від точки випадання насіння.

Устаткування:

1. Лабораторна установка «Грунтовий канал».
2. Шнур.
3. Лінійка.
4. Секція сівалки СУПН-8А.
5. Косинець.

Для визначення якісних показників висіву установку «грунтовий канал», додатково забезпечують шнуром, насіннепровід розрізають у вигляді літери «П».

Послідовність експерименту наступна: на шнур наклеюють з кроком 0,1 м насіння, на від бортівці ґрунтового каналу навпроти кожної насінини ставиться мітка. (рис. 2.1). Коли вмикається установка, насіння зчищається розрізаним у вигляді літери «П» насіннепроводом, який встановлений на секції сівалки СУПН-8А, і падає в під сошниковий простір. Після проходження секції сівалки з встановленим насіннепроводом знаходимо висіяне насіння і заміряємо відхилення від точки випадання і крок посіву.

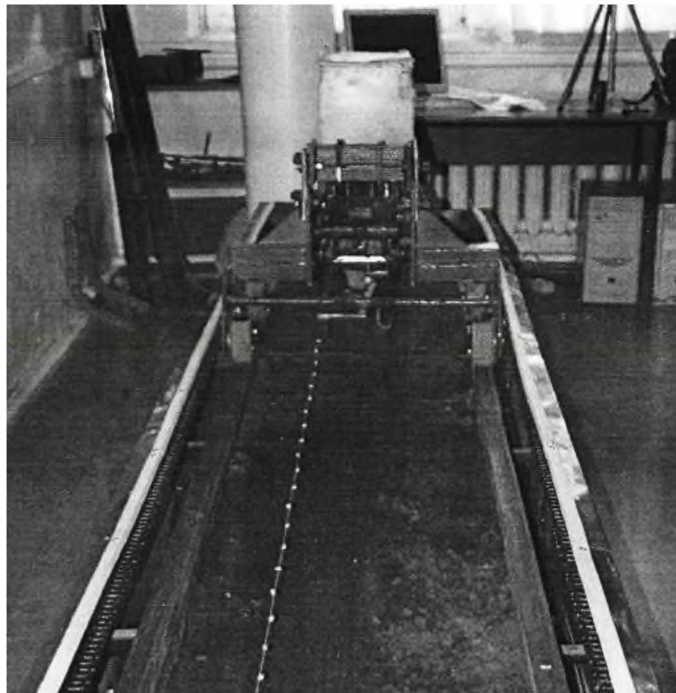


Рисунок 2.1 - Схема установки ґрунтового каналу з обладнанням для дослідження процесу загортання насіння тарілковим сошником

Планування повного факторного експерименту типу 2^2 .

На підставі теоретичних досліджень встановлено що, на процес загортання насіння в ґрунт впливають два фактори:

1. Швидкість руху сівалки V , м/с;
2. Глибина під насіннєвої канавки Δ , м.

Тобто для дослідження процесу загортання насіння в ґрунт необхідно провести повно-факторний експеримент типу ПФЕ 2^2 [15, 16].

За критерій оптимізації були взяті відхилення від точки випадання насіння l і зусилля відриву насіння від ґрунту після вдавнення F_0 .

Основні фактори, інтервали їх варіювання і рівнів для проведення експерименту в натуральному і кодованому позначенні представлені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Основні фактори, і рівні їх варіювання для двофакторного експерименту по дослідженню відхилення насіння від точки випадання і зусиллю відриву від ґрунту після вдавнення

Рівень	Фактори			
	Швидкість руху сівалки		Глибина під насіннєвої канавки	
	Натуральне позначення	Кодоване позначення	Натуральне позначення	Кодоване позначення
	V , м/с	X_1	Δ , м.	X_2
Верхній	2,5	+1	0,004	+1
Основний	2,0	0	0,002	0
Нижній	1,5	-1	0	-1

Досліди проводяться по матриці 2^2 , табл. 2.2, в послідовності, що має випадковий характер, повторність дослідів - триразова.

Таблиця 2.2 - Матриця планування повного факторного експерименту 2^2

№ досліду	X_0	X_1	X_2	X_{12}	Y_i
1	+1	-1	-1	+1	Y_1
2	+1	-1	+1	-1	Y_2
3	+1	+1	-1	-1	Y_3
4	+1	+1	+1	+1	Y_4

Кожна повторність це один цикл (проїзд) посівної секції СУПН-8А, з встановленим насіннєпроводом на заданій швидкості і при певній глибині під

насіннєвої канавки.

За результатами дослідження складається рівняння регресії (2.1) та (2.2) в кодованому вигляді.

$$Y_1 = b_0 \pm b_1X_1 \pm b_2X_2 \pm b_{12}X_1X_2, \quad (2.1)$$

$$Y_{Fo} = b_0 \pm b_1X_1 \pm b_2X_2 \pm b_{12}X_1X_2. \quad (2.2)$$

Ці рівняння регресії встановлюють залежність між параметрами оптимізації: відхиленням від точки випадання насіння Y_1 , зусиллям відриву насіння від ґрунту після вдавнення F_o , і факторами: X_1 - швидкість руху сівалки; X_2 - глибина під насіннєвої канавки.

Після цього перевіряється однорідність дисперсії за критерієм Кохрена. Гіпотеза значущості коефіцієнтів регресії за критерієм Стюдента, адекватність статистичної моделі перевіряється за критерієм Фішера.

2.3 Методика проведення польових досліджень експериментального зразка багатфункціональної сошникової групи

Завдання польових досліджень: визначення якісних показників роботи запропонованої і існуючої сошникових груп варіаційні показники кроку посіву, глибини загортання насіння, відхилення від прямолінійності висіву, щільності ґрунту [17].

Устаткування:

1. Агрегат МТЗ-80 + СУПН-8А-01.
2. Експериментальна сошникова група.
3. Сита лабораторні, ГОСТ 12536-78.
4. Бокси алюмінієві для взяття зразків ґрунту.
5. Вимірювальна лінійка 1000 мм, ГОСТ 427-75
6. Твердомір системи Ю.Ю. Ревякіна
7. Цифрова фотокамера.
8. Електронні ваги.

Польові дослідження дослідного зразка багатфункціональної сошникової

групи проводили в фермерському господарстві при посіві кукурудзи за відомими методиками.

На сівалці СУПН-8А-01 другу робочу секцію оснащували багатофункціональною сошниковою групою (рис. 2.2). Всі інші секції були оснащені стандартними сошниковими групами.



Рисунок 2.2 - Фрагмент посівного агрегату обладнаного стандартною (1) і багатофункціональною (2) сошниковими групами

Після посіву вимірюємо крок посіву, глибину закладення, відхилення від лінії рядка, щільність ґрунту. На ділянці довжиною 5 м розкопують рядок, висіяний експериментальною сошниковою групою і поруч з нею два рядки висіяних стандартними сошниковими групами, знаходять насіння. Визначають крок посіву, глибину загортання насіння, відхилення від лінії рядка. На глибині загортання насіння і на поверхні визначають щільність ґрунту. Підрахунок проводять відразу ж після посіву.

Аналогічні виміри робляться для стандартної сошникової групи.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

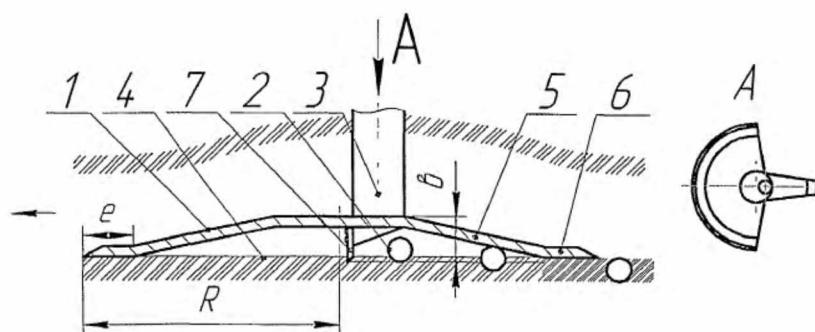
3.1 Дослідження сошникової групи

Дослідження процесу загортання насіння тарілковим сошником.

Як математичну модель системи «сошник-насіння-грунт» приймаються регресивні залежності фізико-механічних і технологічних властивостей ґрунту і насіння від параметрів і режимів роботи сошника.

При роботі тарілкового сошника 1 просапної сівалки насіння 2 після виходу з насіннепроводу знаходиться в польоті, пролітаючи під дією сили інерції і сили тяжіння в горизонтальній проекції шлях l_1 . При падінні в під насіннєву канавку насіння під дією частини кінетичної енергії і пружності підскакує переміщаючись на довжину l_2 . Потім на нього впливає конічна площина тарілкового сошника на відстані l_3 і горизонтальний обід - l_4 .

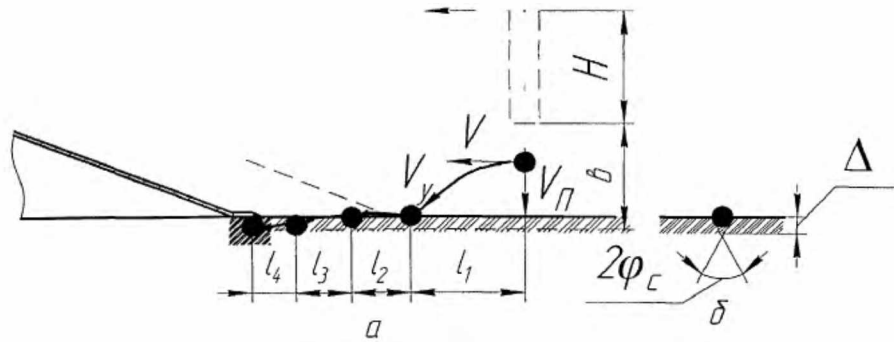
Під час роботи тарілкового сошника 1 (рис. 3.1) просапної сівалки насіння 2 випадає з насіннепроводу 3, падає в канавку утворену наральником 7 в твердій поверхні насіннєвого ложа 4, потім потрапляє під дію конічної частини 5 і обода 6 сошника, які вдавлюють насіння, забезпечуючи його щільний контакт із ґрунтом.[18, 19].



- 1 - тарілковий сошник; 2 - насіння; 3 - насіннепровід; 4 - поверхня насіннєвого ложа; 5 - конічна частина сошника; 6 - горизонтальний обід сошника; 7 - наральник

Рисунок 3.1- Схема впливу тарілкового сошника на насіння

Після виходу з насіннєпроводу насіння знаходиться в польоті, пролітаючи під дією сили інерції і сили тяжіння в горизонтальній проекції шлях l_1 (рис. 3.2). При падінні в під насіннєву канавку насіння під дією частини кінетичної енергії і пружності підскакує переміщаючись на довжину l_2 . Потім на нього впливає конічна площина тарілкового сошника на відстані l_3 та горизонтальний обід - l_4 [20].



а - зона переміщення насіння; б - схема розміщення насіння в під насіннєвій канавці

Рисунок 3.2 - Відхилення насіння вздовж рядка від точки випадання його з насіннєпроводу

Загальне сумарне відхилення насіння від точки випадання становить:

$$l = l_1 + l_2 + l_3 + l_4, \quad (3.1)$$

де l_1 - відстань переміщення від точки випадіння насінини до його першого стикання з ґрунтом, м;

l_2 - відстань переміщення в наслідок відскакування і перекочування вздовж за сіялкою, м;

l_3 - відстань переміщення в наслідок дії конічної площини тарілкового сошника, м;

l_4 - відстань переміщення під дією горизонтального обода тарілкового сошника, м.

$$l_1 = V \cdot t_n, \quad (3.2)$$

$$t_n = \frac{a}{V_n}, \quad (3.3)$$

$$V_n = \sqrt{2g \cdot (H + v)}, \quad (3.4)$$

де V - швидкість сіялки, м/с;

t_n - час польоту насінини, с;

a - висота тарілчастого сошника, м;

V_n - вертикальна швидкість падіння насінини, м/с;

H - довжина насіннєпроводу, м;

$e = (a + \Delta)$ - відстань від насіннєпроводу до дна під насіннєвої борозенки, м;

g - прискорення вільного падіння, м/с².

Тоді:

$$l_1 = V \cdot \frac{\alpha}{\sqrt{2g \cdot (H + \alpha + \Delta)}}. \quad (3.5)$$

Знаходимо відстань переміщення в наслідок відскакування:

$$l_2 = V_y \cdot \beta \cdot t_o, \quad (3.6)$$

$$V_y = \sqrt{V^2 + 2g \cdot (H + \alpha + \Delta)}, \quad (3.7)$$

$$t_o = \frac{R - e - 0,5d}{V},$$

де V_y - швидкість удару насінини об ґрунт, м/с;

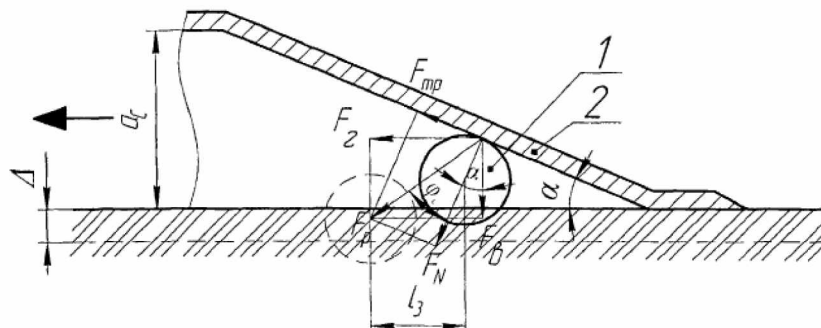
β - коефіцієнт відновлення при ударі об поверхню ґрунту;

t_o - час відскакування і перекочування, с.

Тоді:

$$l_2 = \frac{\beta \cdot (R - e - 0,5d)}{V} \cdot \sqrt{V^2 + 2g \cdot (H + \alpha + \Delta)}. \quad (3.8)$$

Для визначення відстані l_3 використовуємо схему впливу утворюючої кінцевика на насіння (рис. 3.3)



1 - насіння; 2 - кінцевик сошника тарілкового

Рисунок 3.3 - Схема впливу кінцевика сошника на насіння

Відстань переміщення в результаті впливу конічної площини тарілкового сошника рівна:

$$l_3 = [(a_c + \Delta) - d] \cdot \operatorname{tg}(a + \varphi_c) . \quad (3.9)$$

Горизонтальний обід тарілкового сошника ущільнює ґрунт в зоні насіння, покращуючи його контакт [17]. Переміщення насіння під впливом горизонтального обода можливо в тому випадку, коли сила тертя насіння по сталевій поверхні більше ніж сила тертя насіння об ґрунт.

Відстань переміщення під впливом горизонтального обода тарілкового сошника:

$$l_4 = \frac{(f_n - f_c) \cdot (d - \Delta) \cdot e}{d}, \quad (3.10)$$

де f_n - коефіцієнт тертя насінини об ґрунт;

f_c - коефіцієнт тертя насінини по сталевій поверхні.

При $\Delta = d$, $l_4 = 0$.

Підставивши вирази 3.5, 3.8, 3.9, 3.10 отримаємо відстань переміщення насінини від точки випадання до його вдавлювання в ґрунт.

$$l = \frac{V \cdot \alpha}{\sqrt{2g \cdot (H + \alpha + \Delta)_1}} + \frac{\beta \cdot (R - e - 0,5d_0)}{V} \cdot \sqrt{V^2 + 2g \cdot (H + \alpha + \Delta)} + \\ + [(a_c + \Delta) - d] \cdot \operatorname{tg}(a + \varphi_c) + \frac{(f_n - f_c) \cdot (d - \Delta) \cdot e}{d} . \quad (3.11)$$

Отримана формула пов'язує основні конструктивні параметри, технологічні властивості ґрунту, насіння і дозволяє визначити відхилення l в залежності від умов роботи, швидкості руху сівалки.

Теоретичне визначення опору ґрунту вдавлюванню в нього насіння і зусилля відриву насіння від ґрунту після вдавлювання.

Сила опору ґрунту вдавлюванню в нього насіння визначається за формулою:

$$F_g = q \cdot S \cdot h \cdot (1 + f_n) = q \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h \cdot (1 + f_n), \quad (3.12)$$

де q - коефіцієнт об'ємного здавлювання ґрунту, н/м³;

S - площа перерізу насінини, м²;

h - глибина на яку відбувається вдавлювання, м;

d - діаметр насінини, м;

f_n - коефіцієнт тертя насінини об ґрунт.

Щільність контакту насінини з ґрунтом після вдавлювання по аналогії з липкістю ґрунту може оцінюватися зусиллям відриву насінини від ґрунту F_O :

$$F_O = F_e \cdot f_n = q \cdot \frac{1}{6} \cdot \pi \cdot d^3 \cdot f_n \cdot \frac{1}{\xi} \cdot \frac{d-\Delta}{d}, \quad (3.13)$$

де F_O - зусилля відриву насінини від ґрунту, Н;

d - діаметр насінини, м;

ξ - коефіцієнт, який враховує вплив швидкості.

При $\Delta = d$, $F_O = 0$.

Тяговий опір сошників.

Спосіб впливу тарілкового сошника на ґрунт відрізняється від способу впливу полозоподібного сошника.

Тарілковий сошник підрізає і частково подрібнює, шляхом стиснення, підрізаний шар ґрунту.

Полозоподібний сошник, прорізає канавку, мене, вдавлює ґрунт, утворюючи ущільнене дно і стінки.

Силу опору руху сошника в ґрунті відповідно до теорії академіка В.П. Горячкіна можна представити в загальному вигляді:

$$F_l = F_C + F_{TP}, \quad (3.14)$$

де F_C - сила опору (реакції) ґрунту, Н;

F_{TP} - сила тертя ґрунту по поверхні сошника, Н.

Виходячи із способу дії для тарілкового сошника:

$$F_{TB} = k \cdot D \cdot a \cdot \xi + m_{mv} \cdot g \cdot f_l, \quad (3.15)$$

де k - питомий опір ґрунту, Н/м³(Па);

D - діаметр тарілкового сошника, м;

a - висота тарілкового сошника, м;

V - робоча швидкість руху сівалки, м/с;

$V_o = 1,5$ м/с;

m_{mv} - маса секції, яка приходить на тарілчастий сошник, кг.

Для полозоподібного сошника:

$$F_{TK} = q \cdot h \cdot e_c \cdot e_c \cdot \xi + m_{mk} \cdot g \cdot f_l, \quad (3.16)$$

де q - коефіцієнт об'ємного здавлювання ґрунту, Н/м³;

h - глибина на яка закладення насіння, м;

b_c - ширина сошника, м;

e_c - довжина частини сошника, яка вдавлює, м;

m_{mk} - маса сівалки, яка приходить на полозоподібний сошник, кг.

Зважаючи на те, що незначна різниця других членів формул відношення сил опору можна представити в наступному вигляді:

$$\frac{F_{TK}}{F_{TB}} = \frac{q \cdot h \cdot b_c \cdot e_c}{k \cdot D \cdot a}.$$

Для створення щільного контакту насіння з ґрунтом його необхідно вдавлювати безпосередньо після виходу з насіннєпроводу, залишаючи над насінням пухкий шар.

3.2 Результати визначення процесу загортання насіння в ґрунт тарілковим сошником

За вище описаною методикою визначаємо якісні показники посіву багатофункціональної сошникової групою просапної сівалки.

Встановлено що, відхилення від точки випадання насіння і питомого зусилля відриву насіння від ґрунту після вдавнення залежать від наступних факторів:

1. Швидкості руху V , м/с;
2. Глибини під насіннєвої борозенки Δ , (м).

Параметри оптимізації:

1. Відхилення від точки випадання, l , м;
2. Питомого зусилля відриву насіння від ґрунту після вдавнення, F_{om} , Па.

Основні чинники і рівні їх варіювання, в натуральному і кодованому вигляді представлені в табл. 2.1 розділу 2.

Досліди проведені по матриці ПФЕ 2² (табл. 2.2 розділу 2) в послідовності,

що має випадковий характер, повторність дослідів - триразова.

Користуючись таблицею випадкових чисел, була прийнята наступна послідовність дослідів: 3^й, 1^й, 2^й, 4^й [21]. Зусилля відриву насіння від ґрунту визначають за осцилограмою. Отримані дані служать відгуками для складання рівняння регресії.

Таблиця 3.1 - Результати повного факторного експерименту (ПФЕ 2²) по дослідженню величини відхилення від точки випадання насіння і його питомому зусиллю відриву від ґрунту

№ дослідів	Повт.	Рівень факторів		Параметр оптимізації	
		X ₁	X ₂	Y ₁ (1)	Y ₂ (F _y)
1	1	(+1) 2,5	(+1) 0,004	0,029	3,36
	2			0,028	3,48
	3			0,026	3,37
2	1	(+1) 2,5	(-1) 0	0,037	5,28
	2			0,040	5,24
	3			0,038	5,30
3	1	(-1) 1,5	(+1) 0,004	0,023	5,13
	2			0,021	5,18
	3			0,024	5,16
4	1	(-1) 1,5	(-1) 0	0,039	6,28
	2			0,034	6,30
	3			0,035	6,26

За методикою складено рівняння регресії взаємодії двох факторів X₁ - швидкість руху посівного агрегату, м/с, X₂ - глибина під насіннєвої борозенки, м.

Рівняння регресії для двох факторів буде мати наступний вигляд:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{12}X_1X_2 . \quad (3.17)$$

Для кожного дослідів визначаємо середнє значення відгуку:

$$\bar{Y}_i = \frac{1}{m} \sum_{u=1}^m y_{iu} , \quad (3.18)$$

де $\bar{Y}_i$ - середнє значення відгуку в i -му досліді;

m - кількість повторювань в досліді;

u - номер повторності;

y_{iu} - значення відгуку u -тої повторності i -го досліді.

Оцінка похибки середнього відгуку щодо трьох вимірених відгуків, проводиться обчисленням дисперсії середнього для кожного з варіантів за формулою:

$$S_i^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{u=1}^m (y_{iu} - \bar{Y}_i)^2 \quad (3.19)$$

Результати обчислення значень середніх і порядкових дисперсій для параметра оптимізації Y наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 - Результати обчислення значень середніх і порядкової дисперсії параметра оптимізації $Y_1(l)$

№ досліді	№ повторності	Відхилення від точки випадання, l , м	Середнє значення відгуку $\bar{Y}_i$	Дисперсії середнього, S_i^2
1	1	0,029	0,028	0,00000233
	2	0,028		
	3	0,026		
2	1	0,037	0,038	0,00000233
	2	0,040		
	3	0,038		
3	1	0,023	0,023	0,00000233
	2	0,021		
	3	0,024		
4	1	0,039	0,036	0,000007
	2	0,034		
	3	0,035		

За результатами визначених дисперсій, оцінюємо їх однорідність за критерієм Кохрена. Розрахункове значення критерію Кохрена визначається як відношення максимальної дисперсії до суми всіх дисперсій:

$$G_p = \frac{S_{max}^2}{\sum_{i=1}^N S_i^2}, \quad (3.20)$$

де S_{max}^2 - максимальне значення дисперсії середнього;

N - кількість і-тих дослідів.

Розрахункове значення критерію Кохрена порівнюється з табличним $G_{кр}$.

Якщо виконується умова:

$$G_p < G_{кр}, \quad (3.21)$$

то вибіркві дисперсії однорідні.

З критерієм G_p пов'язані ступені свободи: для чисельника $f_1 = m - 1$, для знаменника $f_2 = N$. Для заданої довірчої ймовірності α за значеннями f_1 і f_2 визначається критичне значення критерію Кохрена $G_{кр}$.

Таблиця 3.3 - Результати обчислення значень середніх і порядкової дисперсії параметра оптимізації $Y_2 (F_y)$

№ дослідів	№ повторності	Питоме зусилля відриву насіння від ґрунту після вдавлювання, F_y , Па	Середнє значення відгуку $\bar{Y}_i$	Дисперсії середнього, S_i^2
1	1	3,36	3,4033	0,004
	2	3,48		
	3	3,37		
2	1	5,28	5,2733	0,00093
	2	5,24		
	3	5,30		
3	1	5,13	5,1567	0,00063
	2	5,18		
	3	5,16		
4	1	6,28	6,28	0,0004
	2	6,30		
	3	6,26		

Результати розрахунку показані в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 - Результати розрахунків перевірки однорідності дисперсії

Параметр оптимізації	Значення критерія Кохрена	
	дослідні	табличні
$Y_1(I)$	0,5	0,6841
$Y_2(F_y)$	0,625	0,6841

Отримані значення розрахункового критерію Кохрена (табл. 3.4) менше табличних (критичних) значень. Отже, гіпотеза про однорідність дисперсії підтверджується при 5% рівні значимості.

Дисперсія відтворюваності відгуків (середня дисперсія по всіх дослідах) визначитися за формулою:

$$S_{\text{відтвор}}^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N S_i^2. \quad (3.22)$$

Отримане значення є середнім по всіх дослідах дисперсії. Чим вона більше, тим гірше відтворюється значення відгуку при повторній установці одних і тих же рівнів факторів. Можна сказати, що дисперсія відтворюваності характеризує внутрішню стабільність і, як наслідок, керованість досліджуваного об'єкта $S_{\text{відтвор}}^2 = 83,635$.

Коефіцієнти рівняння b_0, b_1, b_2, b_{12} , розраховуються за формулою:

$$b_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_{ji} \bar{Y}_i, \quad (3.23)$$

де x_{ji} - кодоване значення j -го фактору в i -му досліді.

Таблиця 3.5 - Результати розрахунку значень дисперсії відтворюваності

Параметр оптимізації	Дисперсія відтворюваності
$Y_1(I)$	0,0000035
$Y_2(F_{0T})$	0,0016

Значення коефіцієнтів регресії представлені в табл. 3.6.

Таблиця 3.6 - Результати визначення коефіцієнтів рівняння регресії і дисперсії відтворюваності

Позначення	Параметр оптимізації	
	$Y_1(I)$	$Y_2(F_{0T})$
b_0	0,031	5,0283
b_1	0,00183	-0,69
b_2	-0,006	-0,748
b_{12}	0,00067	-0,187

Середньоквадратичне відхилення коефіцієнтів рівняння регресії розраховуємо за такою формулою:

$$S(b_j) = \sqrt{\frac{S_{\text{відтвор}}^2}{N \cdot m}}. \quad (3.24)$$

Перевірка значимості коефіцієнтів регресії відбувається за допомогою t-критерія Стюдента:

$$t_I = \frac{|b_1|}{S(b_1)}. \quad (3.25)$$

Для кожного із коефіцієнтів b_j має виконуватися умова:

$$t_j > t_{\text{табл}}(f), \quad (3.26)$$

де $t_{\text{табл}}$ - табличне значення критерія Стюдента, визначається при заданій довірчої ймовірності ($\alpha = 0,95$) і числі ступенів волі $f = N(m_o - 1)$.

Якщо дана умова виконується, то коефіцієнти вважаються значущими. Якщо ж для якогось з коефіцієнтів ця умова не виконується, то цей коефіцієнт вважається незначним або рівним нулю, так як відмінним від нуля він міг стати через помилки експерименту.

Таблиця 3.7 - Середньоквадратичне відхилення для коефіцієнтів рівняння регресії

Параметр оптимізації	S_{bl}
$Y_1(l)$	0,00054006
$Y_2(F_{OT})$	0,01154701

Таблиця 3.8 - Оцінка значущості коефіцієнтів за допомогою t критерію Стюдента

Позначення	Розрахункове значення критерію t_1 Стюдента		Табличне значення $t_{\text{табл}}$ критерію Стюдента
	$Y_1(l)$	$Y_2(F_{OT})$	
b_0	57,709	435,466	$T_{\text{табл}} = 2,31$
b_1	3,395	59,756	
b_2	11,11	64,808	
b_{12}	1,234	16,166	

З табл. 3.8 видно що, коефіцієнт b_{12} , для рівняння параметра оптимізації Y_1 є незначним. Виходячи з цього, отримуємо рівняння регресії в кодованому

вигляді:

$$Y_1 = 0,031 + 0,00183 \cdot X_1 - 0,006 \cdot X_2, \quad (3.27)$$

$$Y_2 = 0,1432 - 0,04075 \cdot X_1 - 0,052 \cdot X_2 + 0,012 \cdot X_1 \cdot X_2. \quad (3.28)$$

Адекватність рівняння регресії визначаємо, порівнюючи дисперсію відтворюваності з дисперсією адекватності, за допомогою критерію Фішера. Дисперсія адекватності дорівнює:

$$S_{ад}^2 = \frac{m \sum_{i=1}^N (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{N-l}, \quad (3.29)$$

де l - число значимих коефіцієнтів в рівнянні регресії.

Визначимо розрахункове значення критерію Фішера за формулою:

$$F_f = \frac{S_{ад}^2}{S_{відтвор}^2} \leq F_{табл}(f_{ад}, f_{відтвор}), \quad (3.30)$$

де F_f - розрахункове значення коефіцієнта Фішера;

$F_{табл}(f_{ад}, f_{відтвор})$ - табличне значення критерію Фішера для чисел ступенів волі;

$f_{ад} = N-l$ і $f_{відтвор} = N(m-l)$ при заданій довірчій ймовірності ($\alpha = 0,95$).

Результати розрахунків представлені в таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 - Результати оцінки адекватності рівнянь регресії за критерієм Фішера

Параметр оптимізації	Дисперсія адекватності $S_{ад}^2$	Значення критерію Фішера	
		розрахункове F_p	табличне $F_{табл}$
$Y_1(l)$	0,00000533	1,524	4,0662

З отриманих розрахункових значень критерію Фішера видно, що отримана математична модель адекватна.

Для переходу рівняння регресії з кодованого виду до натурального використовуємо формулу:

$$X'_j = \frac{x_j - x_j^0}{\Delta x_j}, \quad (3.31)$$

де X'_j - натуральне значення j -го фактору;

x_j^0 - основний рівень варіювання j -го фактору;

ΔX_j - інтервал варіювання j-го фактору.

Після перерахунку рівняння регресії матиме вигляд:

$$l = 0,02968 + 0,00366 \cdot V - 3 \cdot \Delta, \quad (3.32)$$

$$F_{OT} = 0,4062 - 0,1055 \cdot V - 50,0 \cdot \Delta + 12,0 \cdot V \cdot \Delta. \quad (3.33)$$

Отримані рівняння регресії встановлюють залежність між критеріями оптимізації та факторами - швидкістю сівалки, глибиною під насіннєвої канавки.

Використовуючи адекватну математичну модель, гометричної інтерпретації якої є поверхня відгуку, були побудовані поверхні відгуку (рис. 3.4 та А.1 додатку А) і їх двовимірні перерізи (рис. 3.5 та А.2 додатку А).

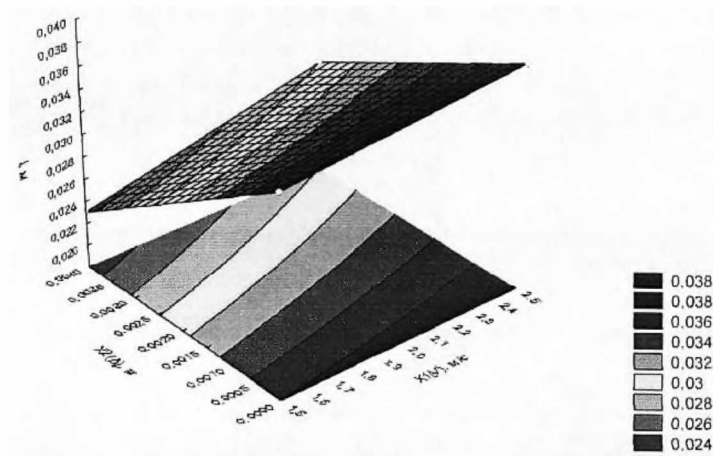


Рисунок 3.4 - Поверхня відгуку залежності величини відхилення від точки випадання насіння $Y_1(l)$ від швидкості руху сівалки $X_1(V)$ і глибини під насіннєвої канавки $X_2(\Delta)$

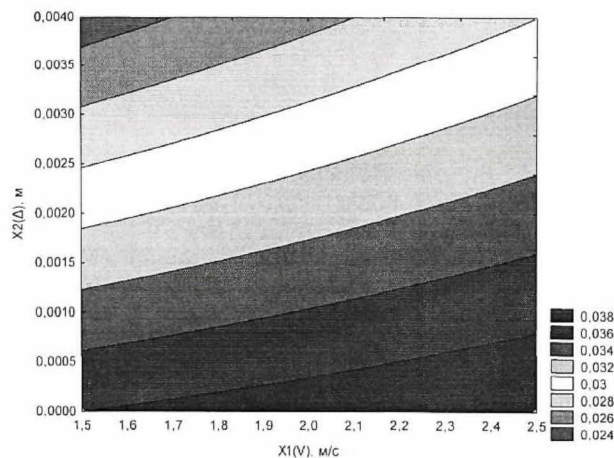


Рисунок 3.5 - Ізолінії поверхні відгуку залежності величини відхилення від точки випадання насіння $Y_1(l)$ від швидкості руху сівалки $X_1(V)$ і глибини під насіннєвої канавки $X_2(\Delta)$.

З аналізу рівнянь і ізоліній поверхні відгуку отримуємо: що оптимальною для під насіннєвої канавки є глибина 0,0035...0,0040м.

Отримане рівняння регресії встановлює залежність між критеріями оптимізації - відхилення від точки випадання і зусилля відриву насіння від ґрунту і факторами - швидкістю руху посівного агрегату і глибиною під насіннєвої канавки.

Зіставлення отриманих результатів теоретичних і експериментальних досліджень проводились з використанням χ^2 - критерію Пірсона за формулою 3.34 [22].

$$\chi^2 = \frac{(f_1 - F_1)^2}{F_1} + \frac{(f_2 - F_2)^2}{F_2} + \dots + \frac{(f_n - F_n)^2}{F_n} . \quad (3.34)$$

Розрахункові значення критерію Пірсона $\chi^2_{\text{роз}} = 0,152$ при $\Delta = 0$ і $\chi^2_{\text{роз}} = 0,0005$ при $\Delta = 0,004$, менше табличного $\chi^2_{\text{табл}} = 9,49$ при 5% рівні значимості.

Для зіставлення отриманих результатів теоретичних і експериментальних досліджень побудовані графіки (рис. 3.6 та 3.7)

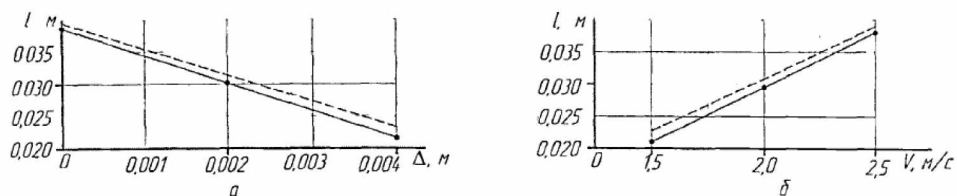


Рисунок 3.6 - Теоретичні і експериментальні залежності довжини переміщення l насіння вздовж рядка при швидкості руху сіялки $V = 2,0$ м/с (а) і глибині під насіннєвої канавки $\Delta = 0,004$ м (б)

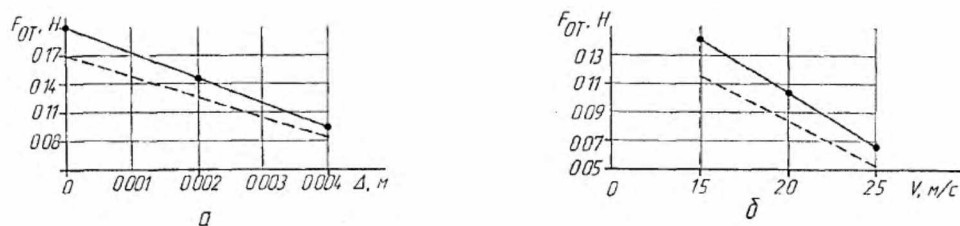


Рисунок 3.7 - Теоретичні і експериментальні залежності зусилля відриву F_{0m} насіння від ґрунту після вдавнення при швидкості руху сіялки $V = 2,0$ м/с (а) і глибині під насіннєвої канавки $\Delta = 0,004$ м (б)

З наведених графіків видно, що теоретичні і експериментальні криві підпорядковуються одній закономірності.

3.3 Результати проведення польових досліджень

В результаті польових досліджень проведено порівняльний аналіз роботи багатофункціональної сошникової групи просапної сівалки зі стандартною сошниковою групою сівалки СУПН-8А за основними показниками якості роботи: коефіцієнт варіації кроку посіву, глибини загортання насіння, відхилення від прямолінійності висіву, щільності ґрунту.

3.3.1 Крок посіву

Після посіву стандартною сошниковою групою крок посіву коливається від 0,14 до 0,35 м табл. 3.10.

Таблиця 3.10 - Варіаційні показники кроку посіву стандартною сошниковою групою

№	Крок посіву, м	№	Крок посіву, м	
1	0,18	16	0,29	
2	0,25	17	0,26	
3	0,28	18	0,32	
4	0,30	19	0,28	
5	0,26	20	0,21	
6	0,38	21	0,18	
7	0,32	22	0,31	
8	0,16	23	0,35	
9	0,25	24	0,26	
10	0,30	25	0,34	
11	0,34	26	0,28	
12	0,22	27	0,19	
13	0,19	28	0,35	
14	0,14	29	0,25	
15	0,24	30	0,28	
Показники статистичної обробки				
Показники	Середня, М	Стандартне відхилення, σ	Коефіцієнт варіації $v, \%$	min/max
Крок посіву	0,26	7,0	27	0,14/0,35

При посіві багатофункціональною сошниковою групою розбіг кроку посіву варіює від 0,20 до 0,28 м табл. 3.11.

Таблиця 3.11 - Варіаційні показники кроку посіву багатофункціональною сошниковою групою

№	Крок посіву, м	№	Крок посіву, м	
1	0,23	16	0,28	
2	0,24	17	0,23	
3	0,27	18	0,25	
4	0,20	19	0,24	
5	0,24	20	0,22	
6	0,25	21	0,26	
7	0,26	22	0,23	
8	0,21	23	0,24	
9	0,23	24	0,27	
10	0,25	25	0,26	
11	0,22	26	0,23	
12	0,24	27	0,28	
13	0,20	28	0,23	
14	0,23	29	0,24	
15	0,25	30	0,25	
Показники статистичної обробки				
Показники	Середня, М	Стандартне відхилення, σ	Коефіцієнт варіації $v, \%$	min/max
Крок посіву	0,24	0,021	8,33	0,20/0,28

3.3.2 Коефіцієнт варіації глибини загортання насіння

При посіві стандартною сошниковою групою глибина загортання варіюється від 0,044 до 0,06 м табл. 3.12.

Таблиця 3.12 - Варіаційні показники глибини загортання насіння стандартною сошниковою групою

№	Глибина загортання насіння, м	№	Глибина загортання насіння, м	
1	0,060	16	0,050	
2	0,060	17	0,048	
3	0,055	18	0,047	
4	0,053	19	0,046	
5	0,054	20	0,044	
6	0,052	21	0,050	
7	0,050	22	0,049	
8	0,058	23	0,052	
9	0,056	24	0,048	
10	0,052	25	0,050	
11	0,053	26	0,052	
12	0,055	27	0,053	
13	0,051	28	0,056	
14	0,050	29	0,048	
15	0,045	30	0,049	
Показники статистичної обробки				
Показники	Середня, М	Стандартне відхилення, σ	Коефіцієнт варіації $v, \%$	min/max
Глибина загортання насіння	0,0515	0,4	7,76	0,044/0,06

При посіві багатофункціональною сошниковою групою коефіцієнт варіації глибини загортання насіння коливається від 0,054 до 0,06 м.

Таблиця 3.13 - Варіаційні показники глибини загортання насіння багатofункціональною сошниковою групою

№	Глибина загортання насіння, м	№	Глибина загортання насіння, м	
1	0,060	16	0,059	
2	0,060	17	0,059	
3	0,060	18	0,055	
4	0,060	19	0,058	
5	0,058	20	0,055	
6	0,059	21	0,054	
7	0,057	22	0,056	
8	0,060	23	0,057	
9	0,055	24	0,058	
10	0,056	25	0,059	
11	0,058	26	0,058	
12	0,059	27	0,057	
13	0,057	28	0,060	
14	0,057	29	0,058	
15	0,058	30	0,058	
Показники статистичної обробки				
Показники	Середня, М	Стандартне відхилення, σ	Коефіцієнт варіації $v, \%$	min/max
Глибина загортання насіння	0,0578	0,17	2,94	0,054/0,06

3.3.3 Коефіцієнт варіації відхилення від прямолінійності висіву

При посіві стандартною сошниковою групою відхилення від прямолінійності складає від 0 до 0,027 м.

Таблиця 3.14 - Варіаційні показники відхилення від прямолінійності висіву насіння стандартною сошниковою групою

Паспарт стандартною сошніковою групою				
№	Відхилення від прямолінійності, м	№	Відхилення від прямолінійності, м	
1	0,020	16	0,024	
2	0,010	17	0,014	
3	0,014	18	0,019	
4	0,015	19	0,021	
5	0,007	20	0,006	
6	0,023	21	0,025	
7	0,021	22	0,009	
8	0,016	23	0,022	
9	0,008	24	0,004	
10	0,013	25	0,024	
11	0,019	26	0,013	
12	0,025	27	0,027	
13	0	28	0,021	
14	0,008	29	0,005	
15	0,007	30	0	
Показники статистичної обробки				
Показники	Середня, М	Стандартне відхилення, σ	Коефіцієнт варіації $v, \%$	max
відхилення від прямолінійності	0,015	0,079	5,2	0,027

При посіві багатофункціональною сошниковою групою відхилення від прямолінійності складає від 0 до 0,005 м.

Таблиця 3.15 - Варіаційні показники відхилення від прямолінійності висіву насіння багатофункціональною сошниковою групою

№	Відхилення від прямолінійності м	№	Відхилення від прямолінійності, м	
1	0,002	16	0,002	
2	0	17	0,004	
3	0,003	18	0,003	
4	0	19	0	
5	0,004	20	0	
6	0,002	21	0	
7	0	22	0,005	
8	0,001	23	0,002	
9	0	24	0,003	
10	0	25	0,001	
11	0,002	26	0,005	
12	0,005	27	0,004	
13	0,003	28	0	
14	0,001	29	0,001	
15	0	30	0,002	
Показники статистичної обробки				
Показники	Середня, М	Стандартне відхилення, σ	Коефіцієнт варіації $v, \%$	max
Відхилення від прямолінійності	0,0018	0,00017	9,4	0,005

Висновки за результатами експериментальних досліджень

1 Застосовувані сошникові групи просапних сівалок не в повній мірі забезпечують виконання агротехнічних вимог: коефіцієнт варіації відстані між насінням в рядку перевищує 20%, поверхнєве прикочування рядка копіювальним катком не повністю відповідає умовам проростання насіння, одночасно з посівом не ведеться, знищення сходів бур'янів.

2. Запропонована технологічна і конструктивна схема багатофункціональної сошникової групи дозволяє якісно закладати насіння; шляхом вдавнення його в під насіннєву канавку, виконувати відведення грудок із зони рядка і накочувати рядок без ущільнення ґрунту над ним.

3. Лабораторними дослідженнями встановлено, що визначальними факторами стабілізації кроку посіву є глибина під насіннєвої канавки Δ і

швидкість руху сівалки V . З отриманих поверхонь відгуків виявлено, що раціональна глибина під насіннєвої борозенки дорівнює $\Delta = 0,004$ м, швидкість $V = 2,0$ м/с.

4. Запропонована сошникова група забезпечує найкращі показники якості посіву в порівнянні з вживаною сошніковою групою сівалки СУПН-8А, а саме: коефіцієнт варіації відстані між насінням в рядку 8,3%, глибини загортання насіння - 2,94%, в контролі відповідно - 27,0 і 7,76%; щільність ґрунту в зоні розміщення насіння становить 1,23 т/м³, в над насіннєвому шарі - 0,84 т/м³, в контролі відповідно - 1,01 і 1,54 т/м³.

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 [23]:

- 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 [23].

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 [23]:

- 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 [23]:

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 [23].

Відповідно до теми роботи об'єктом забруднення навколишнього середовища є тракторний парк господарства.

Діяльність тракторного парку в тому числі і території де знаходитиметься 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, луги та інші речовини. Вони мають $\text{PH}=9-10,5$, 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, відстії 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 [24].

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.

Зимом 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 [24]:

- 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 багатфункціональної сошникової групи для посіву просапних культур

4.3.1 Розрахунок експлуатаційних витрат

При порівнянні різних варіантів досить обмежитися визначенням не повних, а лише прямих експлуатаційних витрат. У розрахунку на одиницю роботи вони визначаються за формулою:

$$I = (O_n + A + P_T + \Gamma) \cdot \Pi, \quad (4.1)$$

де I - прямі експлуатаційні витрати, грн/га;

O_n - оплата праці з відрахуваннями на соціальні потреби, грн/га;

A - амортизаційні відрахування, грн/га;

P_T - витрати на ремонт і техобслуговування, грн/га;

Γ - витрати на паливо і мастильні матеріали, грн/га;

Π - коефіцієнт, який враховує інші прямі витрати, $\Pi = 1,05$ [25].

Оплата праці з відрахуваннями на соціальні потреби визначаються за формулою [25]:

$$O_n = \frac{Z_M \cdot K_T \cdot K_{\Pi} \cdot K_C}{W_{CM}}, \quad (4.2)$$

де Z_M - мінімальна оплата праці за зміну, грн. ($Z_M = 189$ грн);

K_T - тарифний коефіцієнт, (для тракториста машиніста $K_T = 2,76$);

K_{Π} - підвищуючий коефіцієнт, (для тракториста машиніста $K_{\Pi} = 1,8$);

K_C - коефіцієнт, що враховує відрахування на соціальні потреби, ($K_C = 0,739$).

Амортизаційні відрахування визначаються за формулою:

$$A = \frac{B_M \cdot \alpha_M}{W_{річ} \cdot 100}, \quad (4.3)$$

де B_M - балансова вартість машини, грн;

α_M - норми щорічних амортизаційних відрахувань машин, % ($\alpha_M=16,7\%$).

Балансова вартість сільськогосподарських машин, що випускаються промисловістю, визначається за формулою [25]:

$$B_{EM} = C \cdot K_\partial, \quad (4.4)$$

де C - ціна купівлі машини, грн;

K_∂ - коефіцієнт, який враховує додаткові витрати на транспортування, монтаж, і постачально-торгівельні витрати.

Для машин, які не потребують монтаж, $K_\partial = 1,1$.

Для машин, які потребують монтаж, $K_\partial = 1,2$.

Ціну на пропоновану машину визначаємо за порівнянною масою, з урахуванням додаткових витрат на виготовлення нових конструктивних елементів. Була визначена маса стандартної посівної секції і посівної секції з багатофункціональною сошниковою групою. З огляду на це отримали, що маса становить 1180 кг і 1167 кг відповідно.

Звідси:

$$B_{BM} = B_{EM} \cdot \frac{G_B}{G_E} \cdot K_I, \quad (4.5)$$

де B_{BM} , B_{EM} - балансова вартість машини, яка пропонується і еталонної відповідно, грн;

G_B , G_E - маса машини, яка пропонується і еталонної відповідно, кг;

K_I - коефіцієнт, який враховує складність конструкції.

По складності обидві конструкції однакові, тому $K_I = 1$.

Тоді:

$$B_{BM} = 150993,7 \cdot \frac{1167}{1180} = 149330,6 \text{ грн.}$$

Знаходимо амортизаційні відрахування:

$$ETALON: A_E = \frac{150993,7 \cdot 16,7}{183,5 \cdot 100} = 137,4 \text{ грн/га.}$$

$$VARIANT: A_B = \frac{149330,2 \cdot 16,7}{183,5 \cdot 100} = 135,9 \text{ грн/га.}$$

Витрати на ремонт і технічне обслуговування визначаються за формулою:

$$P_T = \frac{B_M \cdot P_M}{W_{\text{річ}} \cdot 100}, \quad (4.6)$$

де P_M - норми щорічних відрахувань на ремонти і технічне обслуговування машин, % ($P_M = 18\%$) [25].

$$\text{ЕТАЛОН: } P_{ET} = \frac{150993,7 \cdot 18}{183,5 \cdot 100} = 148,1 \text{ грн/га.}$$

$$\text{ВАРІАНТ: } P_{BT} = \frac{149330,2 \cdot 18}{183,5 \cdot 100} = 146,5 \text{ грн/га.}$$

Витрати на паливо і мастильні матеріали визначаються за формулою:

$$\Gamma = y \cdot C, \quad (4.7)$$

де y - питома витрата палива, кг/га. По типовим нормам виробітку $y = 2,8$ кг/га.

C - комплексна ціна 1 кг палива, грн.

За експериментальними даними тяговий опір комбінованої сошникової групи знижується на 19% отже, витрата палива складе:

$$y_v = y_{em} - \left(\frac{y_{em} \cdot y_{ch}}{100 \cdot k_{ch}} \right), \quad (4.8)$$

де y_v - витрати палива на посіві для варіанта, кг/га;

y_{em} - витрати палива на посіві для еталона, кг/га;

y_{ch} - зниження тягового опору, %;

k_{ch} - коефіцієнт зниження витрат палива, $k_{ch} = 1,1$.

$$y_v = 2,8 - \left(\frac{2,8 \cdot 28}{100 \cdot 1,1} \right) = 2,32 \text{ кг/га.}$$

Витрати на паливо і мастильні матеріали:

$$\text{ЕТАЛОН: } I_E = (35,12 + 137,4 + 148,1 + 53,2) \cdot 1,05 = 392,5 \text{ грн/га.}$$

$$\text{ВАРІАНТ: } I_B = (35,12 + 135,9 + 146,8 + 44,1) \cdot 1,05 = 379,6 \text{ грн/га.}$$

Питома економія експлуатаційних витрат визначається за виразом:

$$E_B = I_E - I_B, \quad (4.9)$$

$$E_B = 392,5 - 379,6 = 12,9 \text{ грн/га.}$$

Ступінь зниження експлуатаційних витрат:

Ступінь зниження експлуатаційних витрат:

$$C_B = \frac{E_B}{I_E} \cdot 100, \quad (4.10)$$

$$C_B = \frac{12,9}{392,5} \cdot 100 = 3,2 \%$$

Річна економія від скорочення експлуатаційних витрат:

$$E_{PB} = E_B \cdot W_{B \text{ річ}}, \quad (4.11)$$

$$E_{PB} = 12,9 \cdot 183,5 = 2367,2 \text{ грн.}$$

Приведені витрати на одиницю напрацювання:

$$П_{ПИТ} = \epsilon \cdot K_{ПИТ} + I, \quad (4.12)$$

де ϵ - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень ($\epsilon=0,15$);

$K_{ПИТ}$ - питоме капіталовкладення по машині.

Питомі капіталовкладення по машині:

$$K_{ПИТ} = \frac{B_M}{W_{річ}}, \quad (4.13)$$

$$ЕТАЛОН: K_{ЕПИТ} = \frac{150993,7}{183,5} = 822,8 \text{ грн/га.}$$

$$ВАРІАНТ: K_{ВПИТ} = \frac{149330,2}{183,5} = 813,8 \text{ грн/га.}$$

Тоді:

$$ЕТАЛОН: П_{ЕПИТ} = 0,15 \cdot 822,8 = 515,9 \text{ грн/га.}$$

$$ВАРІАНТ: П_{ВПИТ} = 0,15 \cdot 813,8 = 501,67 \text{ грн/га.}$$

4.3.2 Розрахунок додаткової економії

У зв'язку з тим, що при використанні багатофункціональної сошникової групи виключається передпосівна (або до сходово) обробка, то необхідно провести розрахунок даної операції.

Продуктивність машини (агрегату) за годину основного часу визначається за формулою:

$$W_o = 0,1 \cdot B \cdot V, \quad (4.14)$$

де W_o - продуктивність за годину основного часу, га/год;

B - ширина захвату сівалки, м;

V - середня робоча швидкість, км/год.

Для культиватора КПС-4 рекомендована робоча швидкість до 12 км/год (3,3 м/с).

$$W_o = 0,1 \cdot 4 \cdot 12 = 4,8 \text{ га/год.}$$

Продуктивність машини (агрегату) за годину змінного часу визначається за формулою:

$$W_3 = W_o \cdot \tau, \quad (4.15)$$

де τ - коефіцієнт використання часу зміни ($\tau=0,7$).

$$W_3 = 4,8 \cdot 0,7 = 3,36 \text{ га/год.}$$

Продуктивність за зміну:

$$W_{3M} = W_3 \cdot T_{3M}, \quad (4.16)$$

де T_{3M} - час (тривалість зміни, год ($T_{3M}=7$ год))

$$W_{3M} = 3,36 \cdot 7 = 23,5, \text{ га/см.}$$

Річне (сезонне) напрацювання:

$$W_{pич} = W_3 \cdot \frac{T_M}{n}, \quad (4.17)$$

де T_M - річне (сезонне) завантаження машини, год ($T_M = 320$ год);

n - коефіцієнт кратності виконання операцій, у відповідності з тим, що виключається одна операція ($n=1$).

$$W_{pич} = 3,36 \cdot \frac{320}{1} = 1075,2, \text{ га/рік.}$$

Додаткова економія за рахунок збільшення врожаю.

Додаткова економія за рахунок прибавки урожаю в наслідок більш рівномірного розподілу насіння по площі живлення визначається за формулою:

$$D_y = (C_d - 3_d) \cdot W_{pич}, \quad (4.18)$$

де D_y - додаткова економія за рахунок прибавки врожаю, грн/га;

C_d - вартість прибавки врожаю, грн/га;

3_d - додаткові витрати на збирання і транспортування додаткового врожаю, грн/га.

$$D_e = 42,6 + 327,6 = 13741,0 \text{ грн.}$$

Вартість прибавки врожаю:

$$C_d = Y_d \cdot C_{cd}, \quad (4.19)$$

де U_d - прибавка врожаю, т/га;

C_d - ціна додаткової продукції, грн/.

Шляхом застосування багатофункціональної сошникової групи нам вдалося домогтися більш точного розташування насіння в рядку, меншого коефіцієнта варіації кроку посіву насіння. Кожна рослина має більш стабільну площу живлення. Створення більш оптимального розміщення для рослин дає прибавку врожаю від 2 до 5% [3, 4]. Приймаємо 3%.

Величина загальної річної економії, отриманої від використання пропонованої розробки, визначається за формулою:

$$E = (P_{\text{ЕПІТ}} - P_{\text{ВПІТ}}) \cdot W_{\text{Вріч}} + D_y + D_s, \quad (4.20)$$

де E - загальна річна економія, грн.

$$E = (515,9 - 501,67) \cdot 183,5 + 99750,6 + 13741,0 = 116102,8 \text{ грн.}$$

Для приведення різночасових витрат і ефектів за весь термін служби машини на вихідний момент часу застосовують дисконтування.

Середньорічний чистий дисконтований прибуток (ануїтет) розраховується множенням річної економії на коефіцієнт ануїтету, за вирахуванням амортизаційних відрахувань.

$$\text{ЧДП} = [T - (A_E - A_B) \cdot W_{\text{Вріч}}] \cdot KA, \quad (4.21)$$

де ЧДП - середньорічний чистий дисконтований прибуток, грн;

A_E , A_B - амортизаційні відрахування в еталонному і пропонованому варіантах відповідно, грн/га;

$W_{\text{Вріч}}$ - річний наробіток в проектному варіанті, га;

KA - коефіцієнт ануїтету, ($KA = 0,18$) [25].

$$\text{ЧДП} = [116102,8 - (137,4 - 135,9) \cdot 183,5] \cdot 0,18 = 20848,9 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних вкладень (витрат) визначається, як зворотна величина коефіцієнта прибутковості:

$$T_{OK} = \frac{K_k}{\text{ЧДП}}, \quad (4.22)$$

$$T_{OK} = \frac{29600,0}{20848,9} = 1,4 \text{ роки}$$

Результати розрахунку зведені в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 - Показники техніко-економічної ефективності

Показники	Позначення	Варіант сівалки	
		КОНТРОЛЬ	ВАРІАНТ
Ширина захвату агрегатів, м	B	5,6	5,6
Середня робоча швидкість, м/с (км/год)	V	2,0 (7,2)	2,0 (7,2)
Продуктивність агрегату за годину основного часу, га	w_o	2,8	2,8
Річне напрацювання, га	$W_{год}$	183,5	183,5
Прямі експлуатаційні витрати, грн/га	I	541,9	379,6
Наведені витрати, грн/га	$P_{пит}$	683,7	501,7
Загальна річна економія, грн	E	-	116102,8
Чистий дисконтований дохід, грн	$ЧДП$	-	20848,9
Термін окупності витрат, років	$T_{ок}$	-	1,4

Проведені виробничі випробування дозволили визначити основні техніко-економічні показники впровадження експериментальної багатофункціональної сошникової групи для посіву просапних культур. Річний чистий дохід склав 20848,9 грн., загальна річна економія 116102,8 грн, а термін окупності додаткових капіталовкладень 1,4 рік.

ВИСНОВКИ

1 Застосовувані сошникові групи просапних сівалок не в повній мірі забезпечують виконання агротехнічних вимог: коефіцієнт варіації відстані між насінням в рядку перевищує 20%, поверхнєве прикочування рядка копіювальним катком не повністю відповідає умовам проростання насіння, одночасно з посівом не ведеться, знищення сходів бур'янів.

2. Запропонована технологічна і конструктивна схема багатофункціональної сошnikової групи дозволяє якісно закладати насіння; шляхом вдавнення його в під насіннєву канавку, виконувати відведення грудок із зони рядка і наковчувати рядок без ущільнення ґрунту над ним.

3. Лабораторними дослідженнями встановлено, що визначальними факторами стабілізації кроку посіву є глибина під насіннєвої канавки Δ і швидкість руху сівалки V . З отриманих поверхонь відгуків виявлено, що раціональна глибина під насіннєвої борозенки дорівнює $\Delta = 0,004$ м, швидкість $V = 2,0$ м/с.

4. Запропонована сошnikова група забезпечує найкращі показники якості посіву в порівнянні з вживаною сошnikовою групою сівалки СУПН-8А, а саме: коефіцієнт варіації відстані між насінням в рядку 8,3%, глибини загортання насіння - 2,94%, в контролі відповідно - 27,0 і 7,76%; щільність ґрунту в зоні розміщення насіння становить $1,23$ т/м³, в над насіннєвому шарі - $0,84$ т/м³, в контролі відповідно - 1,01 і $1,54$ т/м³.

5. Розроблено математичну модель процесу загортання насіння тарілковим сошником. Основними факторами, що впливають на відхилення насіння від точки випадання, є швидкість руху сівалки і глибина під насіннєвої канавки.

6. Проведені виробничі випробування дозволили визначити основні техніко-економічні показники впровадження експериментальної багатофункціональної сошnikової групи для посіву просапних культур. Річний чистий дохід склав 20848,9 грн., загальна річна економія 116102,8 грн, а термін окупності додаткових капіталовкладень 1,4 рік.