

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломної роботи

освітнього ступеня "Магістр" на тему:

Обґрунтування параметрів конструкції та дослідження сошника зернової сівалки

Виконав: студент 2 курсу, групи МГМ-1-20
за спеціальністю 208 "Агроінженерія"

_____ Богданов Вадим Вячеславович

Керівник: _____ Пугач Андрій Миколайович

Рецензент: _____

Дніпро 2021

1. Мета і задачі досліджень. 2. Аналіз літературних і патентних джерел. 3. Теоретичні дослідження. 4. Експериментальні дослідження 5. Результати досліджень. 6. Економічні показники. 7. Висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Пугач А.М., професор		
2	Пугач А.М., професор		
3	Пугач А.М., професор		
4	Пугач А.М., професор		
5	Кравець В.В., доцент		
6	Вінніченко І.І., професор		
нормоконтроль	Теслюк Г.В., доцент		

7. Дата видачі завдання: 28.09.2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 28.05.2021 р.	Виконав
2	Теоретичний	до 09.07.2021 р.	Виконав
3	Експериментальний	до 24.09.2021 р.	Виконав
4	Охорона праці	до 15.10.2021 р.	Виконав
5	Економічний	до 05.11.2021 р.	Виконав
6	Демонстраційна частина	до 06.12.2021 р.	Виконав

Студент

_____ .
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ .
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Богданов В.В. Обґрунтування параметрів конструкції та дослідження сошника зернової сівалки / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» - ДДАЕУ, Дніпро, 2021.

У першому розділі стан питання за темою дослідження, сформульовано мету завдання дослідження.

У другому розділі приведено теоретичні дослідження технологічного процесу загортання насіння в ґрунт з ущільненням дна борозенки.

У третьому розділі представлено програму і методику експериментальних досліджень.

У четвертому розділі приведені результати експериментальних досліджень

У п'ятому розділі приведено аналіз стану охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях

У шостому розділі приведена економічна ефективність проекту модернізації

Ключові слова: сівалка, урожайність, зернові культури, сошник, проростання насіння.

Богданов В.В. Визначення нерівномірності розподілу насіння по ширині засіяної смуги / В.В. Богданов // Матеріали за XVII міжнародна научна практична конференція, Achievement of high school – 2021, 17-25 November, 2021: Софія. «Бял ГРАД-БГ» - С. 62-65.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 СТАН ПИТАННЯ. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ...	10
1.1. Агротехнічні вимоги.....	10
1.2. Фактори, що впливають на врожайність зернових культур	11
1.3. Конструкція сошників посівних машин.....	14
1.4. Технології та технічні засоби загортання насіння в ґрунт.....	16
1.5. Аналіз впливу сошників на фізико-механічні властивості ґрунту при посіві.....	22
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗАГОРТАННЯ НАСІННЯ В ҐРУНТ З УЩІЛЬНЕННЯМ ДНА БОРОЗЕНКИ.....	27
2.1. Запропонована технологія закладання насіння в ґрунт, пристрій і робота вдосконаленого сошника.....	27
2.2. Визначення геометричних параметрів притискної пластини	34
2.3. Визначення тягового опору вдосконаленого сошника.....	39
2.4. Визначення залежності деформації пружини.....	44
2.5. Визначення стійкості ходу сошника.....	47
РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	55
3.1. Загальна програма експериментальних досліджень	55
3.2. Програма лабораторних досліджень.....	55
3.3. Лабораторне устаткування.....	55
3.4. Визначення параметрів пружних елементів.....	58
3.5. Програма польових досліджень	60
3.6. Методика проведення польових досліджень.....	61
РОЗДІЛ 4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	64
4.1. Результати дослідження за визначенням опору переміщенню сошника від глибини ходу і швидкості руху.....	64

4.2. Результати досліджень пружних властивостей елементів удосконаленого сошника.....	67
4.3. Результати дослідження тиску на дно борозенки.....	69
4.4. Результати польових випробувань сівалки СЗ-3,6 з удосконаленим сошником.....	74
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	95
5.1. Загальні відомості.....	95
5.2. Стан охорони праці в господарстві.....	96
5.3. Аналіз виробничого травматизму і захворюваності.....	97
5.4. Заходи з покращення охорони праці.....	99
РОЗДІЛ 6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЕКТУ.....	101
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....	107
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	109
ДОДАТКИ.....	113

ВСТУП

Важливе значення для сільськогосподарського виробництва в даний час набуває збільшення виробництва зерна. Для вирощування зерна необхідно підвищувати врожайність зернових культур при збереженні посівних площ.

Урожайність зернових культур залежить не тільки від впровадження в виробництво нових високопродуктивних сортів, відповідних інтенсивним технологіям, а й значною мірою від якості посіву. При вирощуванні зернових культур посів є однією з найважливіших технологічних операцій, від техніки його виконання залежить якість посіву і всі наступні операції по догляду за посівами і збирання врожаю.

Якість посіву зернових культур оцінюється в основному рівномірністю розподілу насіння по глибині в ґрунті, витриманістю необхідної для рослини щільності ґрунту насінневого ложа і забезпеченням щільного контакту насіння з дном борозенки. Всі ці чинники обумовлюють інтенсивність проростання насіння, дружність сходів і щільність, підвищують енергію росту рослин і, в результаті, збільшують врожайність зернових культур.

Крім того, успішне проведення посівних робіт багато в чому залежить від надійної і якісної роботи сівалок. Якісна ж робота сівалки визначається одним з її конструктивних елементів, що взаємодіють з ґрунтом - сошником. Якість роботи сошників зернових сівалок являє собою сукупність властивостей, які характеризують успішність виконання технологічного процесу.

Випускаються в даний час промисловістю і наявні в господарствах прості за конструкцією і надійні в роботі зернові сівалки сімейства СЗ-3,6, які обладнані дводисковими сошниками та виконують рядковий і вузькорядний посіви. Однак дискові сошники цих сівалок не в повній мірі відповідають агротехнічним вимогам. Вони не створюють ущільнення дна посівної борозни і, отже, не забезпечують висіяним насінням необхідний режим вологості, а також нерівномірно розподіляють насіння по глибині загортання.

Це веде до затягування термінів проростання насіння, погіршення умов подальшого розвитку рослин і зниження врожайності.

Мета роботи. Підвищення ефективності посіву зернових культур шляхом вдосконалення технологічного процесу розподілу насіння по глибині і обґрунтування параметрів дводискового сошника.

Об'єкт. Технологічний процес посіву зернових культур.

Предмет досліджень. Закономірності процесу борозно-утворення, ущільнення дна борозни і розподілу насіння по глибині при використанні сошника з притискною пластиною.

Наукова новизна.

- конструктивно-технологічна схема дводискового сошника з притискною пластиною;
- аналітичні залежності щільності ґрунту, які створюються притискною пластиною, геометричних параметрів притискної пластини, тягового опору вдосконаленого сошника, деформації пружини повідця, стійкості ходу сошника.

Практична цінність.

При дослідженні використаний удосконалений дводисковий сошник, що оснащений притискною пластиною, яка має криволінійну увігнуту форму і дозволяє забезпечувати технологічний процес загортання насіння в ґрунт при посіві. Розроблено і обґрунтована конструктивна-технологічна схема дводискового сошника для рядкового посіву. Запропонований вдосконалений сошник дозволить здійснювати рядковий посів з рівномірним розподілом насіння по глибині, створюючи необхідну для рослин щільність насінневого ложа і контакт насіння з дном борозни

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Агротехнічні вимоги

Ґрунт, підготовлений до посіву, повинен відповідати таким вимогам: поверхневий шар ґрунту вирівняний і розпушений. Ґрунт в шарі глибини закладення дрібнозернистий: ваговий вміст грудок ґрунту розміром від 1 до 10 мм не менше 50 %. Великі камені і грудки розміром 30 мм і більше не допускаються. Поверхневий шар ґрунту не повинен мати скупчення бур'янів, поживних залишків, що перевищують за розмірами установчу глибину загортання насіння. Для нормальної роботи сівалки необхідно, щоб вологість ґрунту не перевищувала: 15-25 % для глибини 0-5 см; 18-30 % для глибини 5-10 см, твердість повинна складати 0,5 ... 1,5 МПа.

Сівалка повинна створювати ущільнене дно борозни, глибина борозен повинна бути однаковою. Насіння укладаються на ущільнене дно і засипаються вологим шаром ґрунту, відхилення від заданої глибини загортання насіння допускається при глибині загортання 3 ... 4, 4..5 і 6 ... 8 см відповідно $\pm 0,5$; $\pm 0,7$ і $\pm 1,0$ см.

Розподіл насіння по площі сівби має бути рівномірним: відносно допустиме відхилення висіву насіння кожним висіваючим апаратом від середнього висіву не повинно перевищувати для зернових культур 12 % при середній не-рівномірності висіву 4 %; допустиме відхилення дійсної глибини від середньої не більше ± 1 см для 80 % насіння; середня нерівномірність висіву між окремими висіваючими апаратами не повинна перевищувати 3 % для зернових культур і 4 % для бобових.

Робоча швидкість посівного агрегату в залежності від стану поверхні не повинна перевищувати 12 км / год.

Посівний матеріал повинен бути очищений від сміття, домішок і впорядкований за обсягом і вагою. Добрива повинні відповідати наступним вимогам: вміст вологи не більше 4 %, розмір гранул від 4 до 10 мм, не більше 5 %; розмір гранул від 2 до 4 мм, не менше 74 %, розмір гранул від 1 до 2 мм, не більше 20 %; розмір гранул менше 1 мм, не більше 1 %. Насіння при сівбі не повинно пошкоджуватися в висівних апаратах, сошниках та інших механізмахсівалок [37].

1.2 Фактори, що впливають на врожайність зернових культур

На проростання насіння, подальший розвиток рослин і врожай впливають різні фактори, основними з яких є [14, 16]: площа живлення, яка припадає на одну рослину; рівномірність розподілу насіння по площі живлення; глибина закладання і рівномірність розміщення насіння по глибині; час посіву (оптимальна температура і вологість ґрунту); якість загортання насіння в ґрунт.

Якість загортання насіння - це сукупність факторів, що впливають на проростання насіння і розвиток рослин, що створюються в процесі закладання насіння в ґрунт за допомогою загортаючих робочих органів.

До цих факторів належать глибина загортання насіння; стан дна борозни; стан верхнього шару ґрунту в борозні після загортання насіння; рівномірність закладення насіння по глибині; щільний контакт насіння з твердою фазою ґрунту - дном борозни.

Важливим фактором проростання насіння є глибина загортання і щільний контакт насіння з дном борозенки. Різні культури вимагають різної глибини загортання насіння, а допустима глибина закладання визначається силоюзростання насіння.

Для різних кліматичних зон оптимальна глибина загортання насіння буде різною. Відхилення від оптимальної глибини закладення призводить до зниження польової схожості і врожайності сільськогосподарських культур.

Тому важливо, щоб усе насіння загоралося на оптимальну глибину рівномірно, без відхилень. К.А. Касаєва приводить залежності врожайності від рівномірності загорання насіння по глибині для зони Західної і Середньої Єв- ропи (таблиці 1.1, 1.2) [14].

Таблиця 1.1 - Урожай вівса при нерівномірному закладенні для зони Західної і Середньої Європи

Нерівномірність глибини закладення,%		Загальний урожай, ц / га	Урожай при 100% закладанні на даній глибині, ц / га
Використане насіння,%			
на поверхні	18	68,7	30
на глибині 2 см	58		95
на глибині 5 см	16		40
на глибині 8 см	8		16

Якщо б все насіння було закладено на оптимальну глибину 2 см, то урожайність склала б 95 ц / га, а фактично - 68,7 ц / га.

Таблиця 1.2 - Урожай пшениці при нерівномірному закладанні для зони Західної і Середньої Європи

Нерівномірність глибини закладання,%		Загальний урожай, ц / га	Урожай при 100% закладенні на даній глибині, ц / га
Використане насіння,%			
на поверхні	14	70,0	58,2
на глибині 2 см	69		80,7
на глибині 5 см	14		70,0
на глибині 8 см	3		57,0

Якби все насіння було закладене на оптимальну глибину 2 см, то урожайність склала б 80,7 ц / га, тоді як фактична - 70,0 ц / га. Вище приведені дані свідчать, що нерівномірність загорання насіння по глибині призводить до зниження врожайності сільськогосподарських культур.

Тому посівні робочі органи повинні забезпечувати одномірну глибину загортання насіння в ґрунт.

В результаті прикочування пухкий ґрунт ущільнюється, відновлюється її капілярність, волога з нижніх шарів піднімається вгору і підвищується вологість в зоні укладання насіння. Як зазначає Г. Б. Єрмілов [14], чим тісніше лежать грудочки ґрунту один до одного, тим швидше пересувається волога. Щільне прилягання грудочок найбільш просто досягається прикочуванням поля катком. Цей спосіб створює умови для швидкого руху води до насіння і тим самим забезпечується для них більш сприятливий водний режим.

За даними В.Т. Фогеля, врожай ярої пшениці в міру збільшення щільності ґрунту над насінням до 0,95 ... 1,00 г/см³ підвищується, а збільшення щільності більше 1 г/см³ веде до зниження врожайності (рис. 1.1).

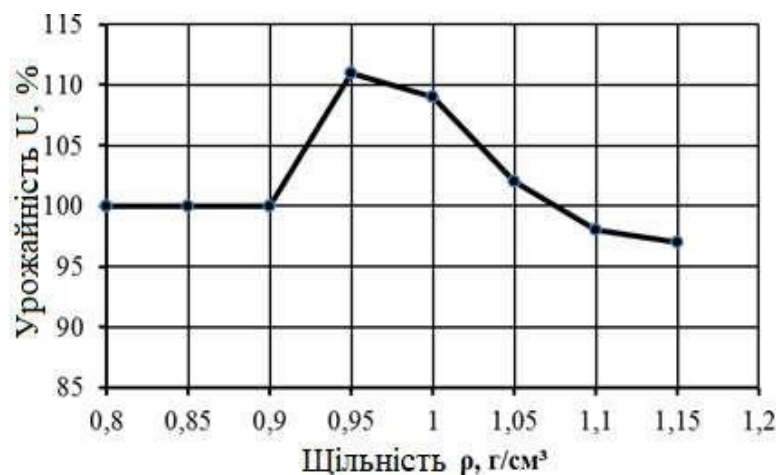


Рисунок - 1.1. Вплив щільності ґрунту над насінням в борозні на врожай ярої пшениці

Ряд авторів [14, 25, 26,] та ін. прийшли до висновку, що при обробці ґрунту основною умовою для забезпечення гарної схожості і подальшого розвитку рослин є розпушування верхнього шару ґрунту на глибину загортання насіння і формування більш щільного насінневого ложа, тобто шару, в якому знаходиться насіння.

Оптимальна щільність ґрунту, що необхідна для проростання насіння, визначалась багатьма дослідниками. Так, А. І. Шевлягін приводить залежності врожайності пшениці і ячменю від щільності ґрунту (рис. 1.2).

Тут же наведені залежності врожайності ярої пшениці від щільності ґрунтів різних механічних складів (рис. 1.3). Таким чином, оптимальна для насіння щільність ґрунту становить близько $1,3 \text{ г/см}^3$.

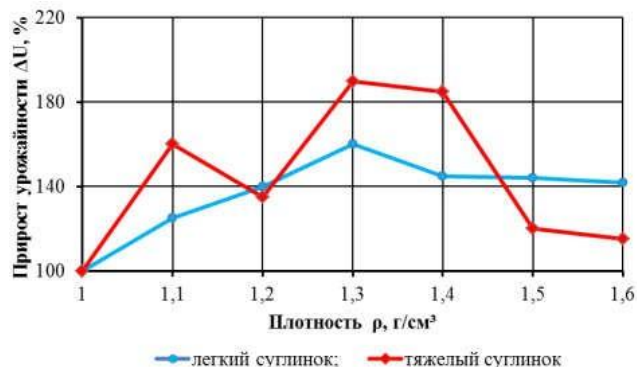
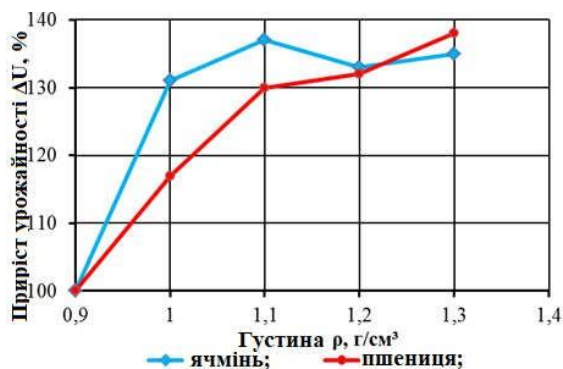


Рисунок - 1.2. Залежність врожайності пшениці та ячменю від щільності ґрунту

Рисунок - 1.3. Залежність врожайності ярої пшениці від щільності і типу ґрунту

Приведений аналіз впливу якості загортання насіння на врожайність сільськогосподарських культур дозволяє сформулювати основні вимоги, до робочих органів сівалок. Вони повинні забезпечити ущільнене насіннєве ложе оптимальної щільності.

1.3 Конструкції сошників посівних машин

Посівні машини здійснюють посів сошниками різних конструкцій. Сошники призначені для утворення дна борозни, укладання в борозенку насіння культури і закладання їх зверху рихлим ґрунтом.

Різноманіття заробляючих робочих органів — сошників — можна розділити на групи за ознаками. За принципом взаємодії з ґрунтом сошники діляться на активні і пасивні. До першої групи відносяться сошники обертальні - одно - і дводискові, до другої — наральникові сошники. Дискові сошники при роботі здійснюють обертальний рух, а наральникові рухаються поступово.

Односторонні сошники мають різне виконання: сферичне, плоский тощо.

Плоскі диски дводискових сошників встановлюються під кутом один до одного, рівним 12° і 23° .

Дискові сошники отримали найбільше поширення в сільськогосподарській практиці, однак їм притаманні суттєві недоліки. Основними є нерівномірність загортання насіння в ґрунт по глибині і незабезпеченість ущільнення борозни.

Наральникові сошники поділяються на три основні групи за кутом входження в ґрунт: з гострим (анкерні, лапові), прямим (трубчасті, клиновидні, каткові) і тупим (полозовидні, кілеподібні).

Для підвищення ефективності дискових сошників розроблені різні пристосування, спрямовані на підвищення рівномірності загортання насіння і ущільнення дна борозенки: обмежувальні реборди, розпушувачі ґрунту. Однодискові сошники оснащуються циліндричними або конічними дисками, що ущільнюють поверхню дна борозенки або формують щільне дно, куди поміщають насіння. Запропоновані конструкції ущільнюючих пристроїв, виконаних у вигляді опорних пластин-лиж, придавлює тонкий шар ґрунту над забитими в ґрунт насінням та ін.

З усього різноманіття сошників, використовуваних в конструкціях зернових сівалок найбільш поширені дискові. Однак їх конструктивні особливості не дозволяють отримати оптимальної щільності насінневого ложа, в зв'язку з чим для підвищення ефективності потрібна їх модернізація. Один із шляхів - оснащення дискових сошників технічними засобами, що забезпечують щільний контакт висіяного насіння з дном дисками борозенки.

На схемі (рис. 1.4) представлена розроблена класифікаційна схема сошників зернових сівалок .

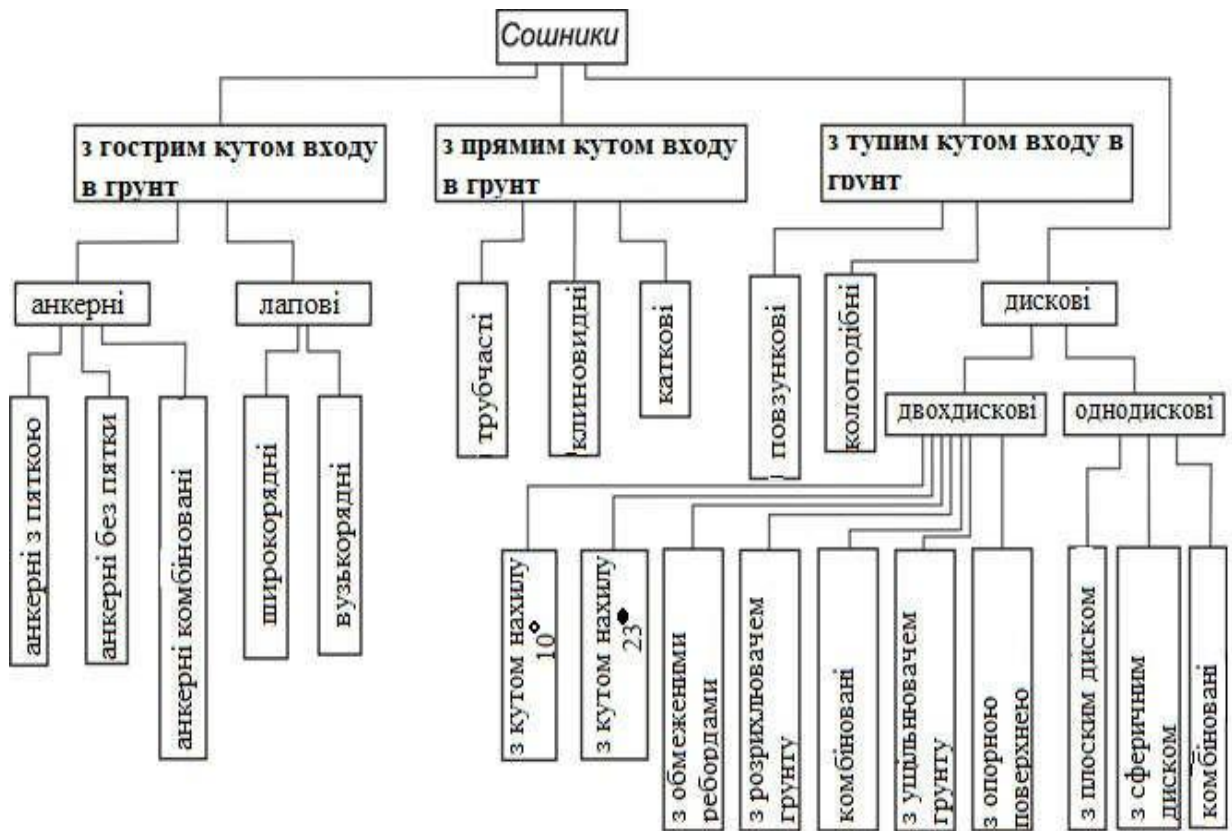


Рисунок - 1.4. Класифікація сошників

1.4. Технології та технічні засоби загортання насіння в ґрунт

На основі наявних типів конструкцій сошників розроблено і досліджено безліч різних зароблюючих робочих органів і технологій закладання насіння.

Найбільш поширеним типом сошників посівних машин, як в Україні, так і в країнах зарубіжжя є дводисковий сошник. Він застосовується в вітчизняних сіялках СЗ-5,4, СЗ-3,6 і їх модифікаціях, а також в іноземних, таких як 5100 («Case International», США); 8000 («John Deer», США); End Wheel («Great Plains», США); ТС-4 («Hestair», Великобританія); 40 Sex DJ 150 («Ross», Чехія) та інших [76].

Дводисковий сошник складається з двох плоских дисків 1 встановлених у вертикальній площині під кутом 10° один до одного (рис. 1.5).

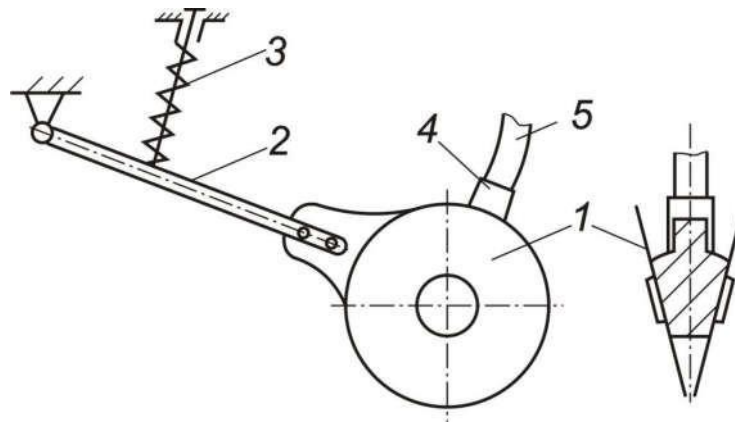


Рисунок - 1.5. Дводисковий сошник: 1 - плоскі диски; 2 - повідок; 3 – нажимна штанга з пружиною; 4 - направляч насіння; 5 - насіннепровід

Корпус сошника з'єднаний з повідцем 2 і притискається до ґрунту нажимною штангою з пружиною 3. При роботі диски сошника обертаються і утворюють бороздку, розсуваючи ґрунт в сторони. В утворену борозенку з насіннепровода 5 через направлявач 4, встановлений між дисками, надходить насіння.

Перевагою дводискового сошника є його здатність працювати на засмічених рослинними залишками ґрунтах.

Основним недоліком дводискового сошника, на які вказують дослідження, є нерівномірність загортання насіння по глибині [14, 17] та ін. І те, що даний сошник не забезпечує ущільнення дна борозенки [14]. В. К. Бурлаков [17] називає такі причини нерівномірності загортання насіння в ґрунт дводисковим сошником: захоплення насіння обертливими дисками з викидом їх за межі сошника в верхні шари ґрунту; захоплення насіння ґрунтом, що відкидається сошниками; осипання борозенки, в результаті чого насіння, відбите від дна борозенки, потрапляє у верхні шари ґрунту.

Мала опорна поверхня дводискового сошника не забезпечує достатнього ущільнення дна борозенки. Одно- і дводискові сошники, тобто сошники кочення, здійснюють круговий рух, а наральникові сошники рухаються в ґрунті поступально. До наральникових сошників відносяться анкерні, кілеподібні, полозоподібні, ножевидні і плуги, виконані у вигляді стрілчастих лап (рис. 1.6).

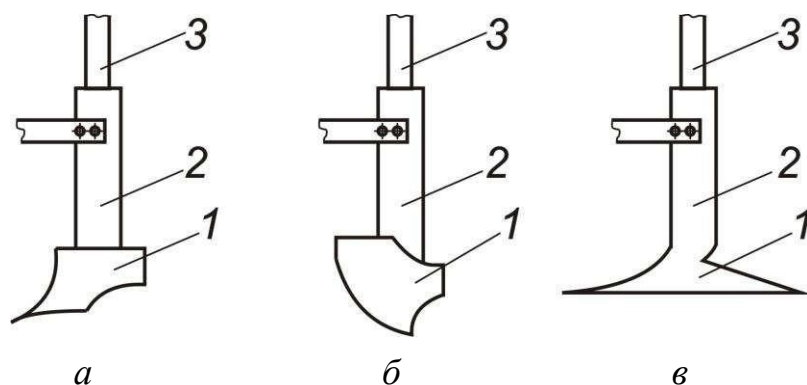


Рисунок - 1.6. Наральникові сошники: *а* – анкерні; *б* – кілеподібні; *в* – у вигляді стрілеподібної лапи; 1 – наральник; 2 – раструб; 3 – насіннепровід

Наральникові сошники використовуються у вітчизняних сіялках: СЗА-3,6; СЗЛ-3,6; СТС-2,1; СЗС-2,1; СЗС-9; СЗС-12; СК-3,6; КФС-3,6; СЗТ-3,6; а також в іноземних: CLF-600 («Nordsten», Данія); EV-1000 («Amazone», Німеччина); 32-row («Hogwood Bagshaw», Австралія) та ін.

Всі наральникові сошники відрізняються один від одного формою робочої поверхні наральника і складаються в основному з наральника 1 (див. рис. 1.6), прикріпленого до розтруба для подачі насіння 2, в який входить насіннепровід 3.

Дослідженнями встановлено, що наральникові сошники відрізняються нерівномірністю загортання насіння в ґрунт, високими вимогами до якості передпосівного обробітку ґрунту та станом полів.

На багатьох сіялках для забезпечення ущільнення ґрунту в борозні застосовуються прикотувальні катки, які встановлюються за сошниками.

Технологічний процес загортання насіння такими сіялками складається з загортання насіння сошниками 1 і загортачами 2, прикочування борозенок здійснюють слідом за катками 3 (рис. 1.7).

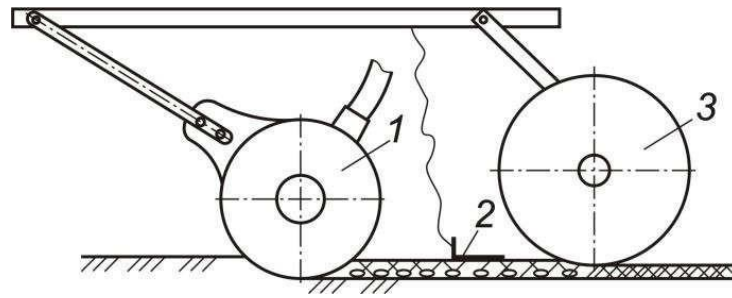


Рисунок - 1.7. Схема технологічного процесу сівалок з прикочуючими катками: 1 - сошник, 2 - загортач, 3 - каток

Прикотуючі катки застосовуються на сіялках СЗП-3,6; СЗП-16; СТС-2,1; СЗС-2,1; СК-3,6; КФС-3,6; а також в іноземних: 2S-2600 («Great Plains», США) (рисунок 1.8, а); моделі 455, 1590 і BD 11 («John Deere», США) (рисунок 1.8, б); Solitair 12/1200 KD-S («Lemken», Німеччина) (рисунок 1.8, в); D9 6000-TC («Amazone», Німеччина); DH-750 («Versatile», Канада), та ін.



а



б



в

Рисунок - 1.8. Дискові сошники: а -2S-2600 («Great Plains», США); б - моделі 455, 1590 і BD 11 («John Deere», США); в - Solitair 12/1200 KD-S («Lemken», Німеччина).

В результаті цього ґрунт над насінням в борозні виявляється сильно ущільненим. Волога з такого ґрунту випаровується швидше, а насіння не отримують достатньої кількості кисню.

Найбільш доцільно ущільнювати дно борозни і закладати насіння зверху

пухким ґрунтом. Деякі дослідники, якими були запропоновані різні конструкції комбінованих сошників, що забезпечують ущільнення дна борозенки, пішли цим шляхом.

З метою підвищення рівномірності загортання насіння в конструкції дводискового сошника встановлений розпушувач (рис. 1.9). Встановлений попереду дисків розпушувач прорізає шар ґрунту на глибину посіву, поєднуючи цю функцію дисків, але без обертального руху. Це призводить до збільшення тягового опору сошника. Крім того, стабілізатор, перебуваючи в шарі ґрунту на глибині загортання, відчуває опір різанню і тертя з ґрунтовою масою при русі, що також призводить до зростання тягового опору.

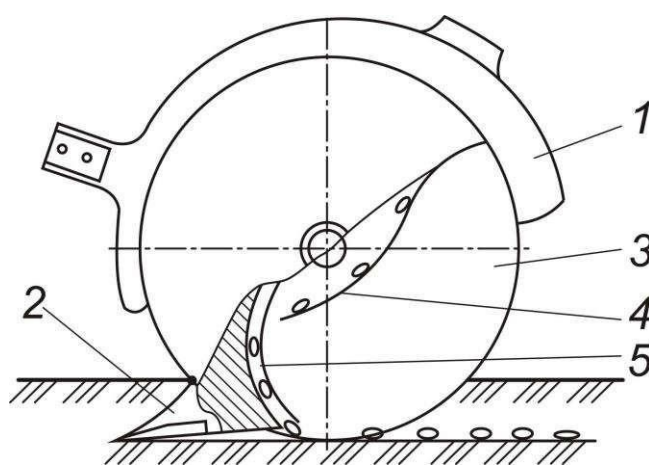


Рисунок - 1.9. Дисківий сошник зі стабілізатором: 1 – корпус; 2 – розпушувач; 3 – диск; 4 – направляючий; 5 – ребро

З метою підвищення врожайності зернових культур за рахунок рівномірної глибини загортання насіння, спрощення конструкції та настройки запропонований дводисковий сошник (рис. 1.10).

Запропонований пристрій для установки глибини загортання насіння дозволяє стабілізувати глибину загортання насіння, рівномірно закривати насіння ґрунтом, спростити конструкцію і налаштування пристрою.

Для створення щільного контакту висіваються насіння з ґрунтом розроблений комбінований дисківий сошник зерновий сівалки (рис. 1.11). Сошник працює наступним чином. Гладкий диск 4, вільно обертаючись на осі 1, розрізає поверхню ґрунту на глибину 80 ... 100 мм.

Наральник 8 відводить убік відрізаний пласт ґрунту, обертає борозенку. Насіння з насіннепроводу 6 потрапляє на циліндричний диск 4 і вдавлюється їм в дно борозенки. Борозенка засипається загортачем. Гнучке з'єднання загортачем з повідцем 9 забезпечує стабільність загортання насіння. Прилипаючи до гладкого диску 4 ґрунт видаляється чистиком 10. Щоб не було налипання ґрунту, циліндричний диск виконаний з фторопласту.

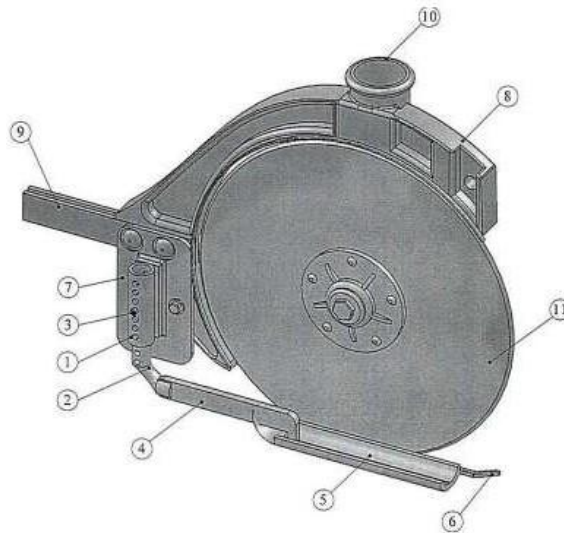


Рисунок - 1.10. Дводисковий сошник: 1 - втулка; 2 - регулювальний палець; 3 - обмежувальний болт; 4 - брус; 5 - опорна лижа; 6 - загортач; 7 - пластина; 8 - корпус, 9 - повідок, 10 - прийомна воронка; 11 - диски

До переваг цього сошника можна віднести те, що він утворює пухкий над насінневий шар ґрунту, що забезпечує хорошу аерацію, що не перешкоджає виходу проростків на денну поверхню, як це відбувається при поверхневому накоєнні ґрунту; за рахунок скидання насіння безпосередньо під насіннездавлюючий диск здійснюється більш рівномірний розподіл їх в рядку; за рахунок пухкого ґрунту і низької вологості верхнього шару створює несприятливі умови для насіння бур'янів в зоні рядка.

У запропонованій конструкції комбінованого сошника борозенка формується похило встановленим наральником, що, на відміну від дискового сошника, вимагає підвищеного тягового зусилля.

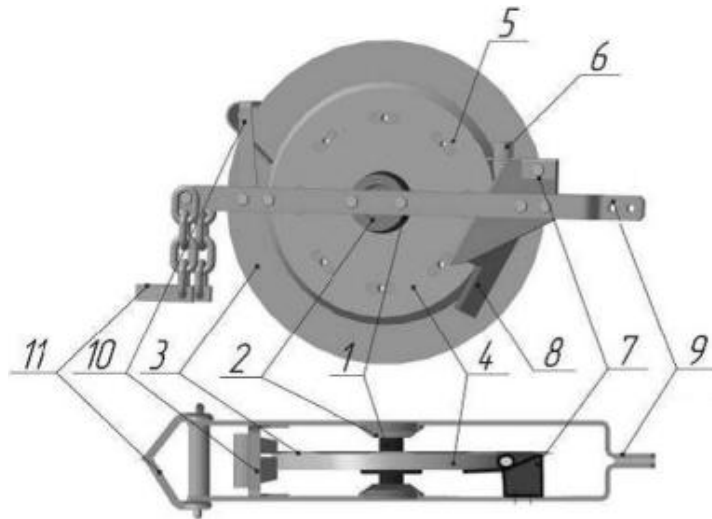


Рисунок - 1.11. Комбінований дисковий сошник

Перераховані вище комбіновані закладаючі робочі органи мають прикочувальні катки, які вдавлюють насіння в дно борозенки. В результаті насіння укладаються на щільне ложе і закладаються зверху пухким ґрунтом. Однак такі сошники відрізняються складністю конструкції і великою матеріалоемністю.

1.5. Аналіз впливу сошників на фізико-механічні властивості ґрунту при посіві

За словами Б. Н. Мічуріна щільність ґрунту є тією причиною, яка викликає наступні зміни в температурному, водному і повітряному режимах, в мобілізації та утриманні рухомих поживних речовин.

Сам ґрунт складається з твердої фази, вологи і повітря. Тверда фаза складається з мікро- і макроагрегатних частинок, які розташовані один до одного так, що між ними утворюються порожнечі, заповнені водою і повітрям, розмір яких характеризується пористістю ґрунту. Тверда фаза ґрунту характеризується питомою вагою, кг/м^3 , що визначається за формулою:

$$\gamma = \frac{m_T}{V_T}, \quad (1.1)$$

де m_T - маса твердих частинок ґрунту, кг;

V_T - об'єм твердих частинок ґрунту, м³.

Ґрунту також характеризується щільністю скелета, кг / м³, яка визначається за формулою:

$$\rho = \frac{mT}{V}, \quad (1.2)$$

де V – загальний об'єм ґрунту в непорушеному складення, м³.

Загальна пористість ґрунту Π :

$$\Pi = \frac{V-VT}{V} \cdot 100\%, \quad (1.3)$$

Питома вага твердої фази ґрунту є характеристикою речовини ґрунту, як і будь-якого іншого тіла, і тому вона залишається незмінною при будь-яких діях на ґрунт. Щільність скелета ґрунту характеризує ґрунт як комплексну структуру, що складається з твердих частинок і пустот, які перебувають між ними. Тверді частки можуть розташовуватися більш-менш близько один до одного, утворюючи ґрунтовий скелет, при цьому змінюється загальна пористість ґрунту. В результаті змінюється щільність скелета ґрунту ρ , яка і визначає необхідні умови для проростання насіння в ґрунті. При цьому чим більше навантаження докласти, тим більше збільшується щільність. Залежність опору ґрунту від глибини того, що зім'яло в загальному вигляді визначається за формулою [14]:

$$\sigma = qh^k, \quad (1.4)$$

де σ – опір ґрунту, Па;

h – глибина, м;

q – коефіцієнт об'єму глибини, Н/м³;

k – коефіцієнт, що характеризує ступінь зростання навантаження.

Коефіцієнт k приймає значення від 0 до 1. Невизначеність коефіцієнтів q і k даної залежності ускладнює їх використання. В. В. Кацігін запропонував наступну залежність для визначення опору ґрунту [14]:

$$\sigma = p t \frac{(qh)}{p_0} \quad (1.5)$$

де p_0 - межа несучої здатності ґрунту Па.

Така залежність представляє гіперболу 1 (рис. 1.12). При невеликих глибинах, що відповідає глибині загортання насіння, можна прийняти пропорційну залежність 2 опору ζ від глибини h з коефіцієнтом q [14]:

$$\sigma = qh, \quad (1.6)$$

Значення коефіцієнта q становить для стерні $(10 \dots 20) \cdot 10^6 \text{ Н/м}^3$, для занятого пара - $(5 \dots 7) \cdot 10^6 \text{ Н/м}^3$, для свіжозораного ґрунту - $(2 \dots 4) \cdot 10^6 \text{ Н/м}^3$ [53].

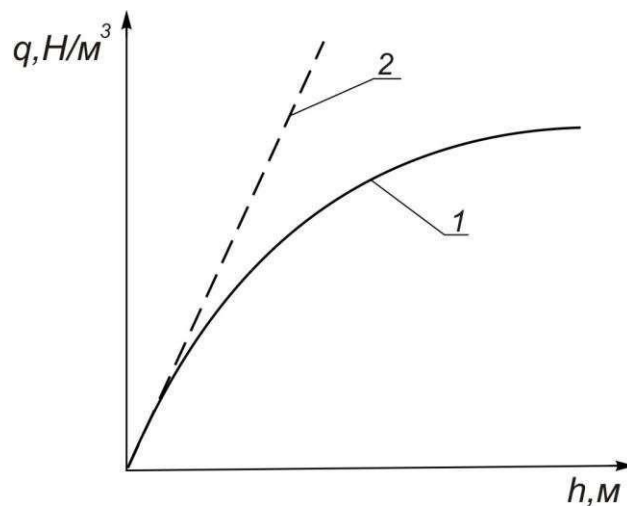


Рисунок - 1.12. Залежність опору ґрунту від глибини

Залежність (1.4) відповідає залежності (1.5) при коефіцієнті $k = 1$. З цієї залежності можна визначити реакції ґрунту, що діють на насіннездавлюючу фігурну пластину при роботі.

Щільність ґрунту на дні борозни можна визначити за коефіцієнтом пористості, який визначається за формулою [53, 146]:

$$s = \frac{\gamma}{\rho} - 1, \quad (1.7)$$

де γ – щільність твердої фази ґрунту, г/см^3 ;

ρ - щільність дна борозни, г/см³.

Звідси щільність дна борозни дорівнює:

$$\rho = \frac{\gamma}{\varepsilon + 1}, \quad (1.8)$$

Для визначення коефіцієнта пористості при тиску p В. Ф. Бабкова запропонувала наступну залежність [14]:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 - \frac{1}{B_1} \ln \frac{p}{9,8 \cdot 10^4}, \quad (1.9)$$

де p – тиск, Па;

ε_0 - коефіцієнт пористості при навантаженні $9,8 \cdot 10^4$ Па;

B_1 - ступінь зміни коефіцієнта пористості при діючому навантаженні.

Звідси щільність дна борозни визначається за формулою, запропонованою С. А. Івженко:

$$\rho = \frac{\gamma B_1}{B_1(1 + \varepsilon_0) - \ln \left[\frac{qh}{1,1 \cdot 10^5} \right]}, \quad (1.10)$$

де ρ – щільність скелета ґрунту дна борозенки, кг/м³,

h - глибина ходу сошника, м; γ - кут між дисками, град.

Аналізуючи вираз (1.10), можна сказати, що щільність ґрунту на дні борозни залежить від глибини ходу сошника і фізико-механічних властивостей ґрунту.

Для переважної частини ґрунтів с/г призначення $\gamma = (2,4 \dots 2,6) \cdot 10^3$ кг/м³, $B = 7$, $s_0 = 0,5 \dots 1,0$, $q = (1 \dots 2) \cdot 10^6$ Н/м³ і глибині загортання насіння від 3 до 8 см, щільність скелета ґрунту дна борозенки складе $(1,27 \dots 1,38) \cdot 10^3$ кг/м³.

Висновки

1. Аналіз літературних джерел і патентних фондів показав, що у вітчизняній і зарубіжній практиці перевага надається рядковому посіву зернових культур дисковими сошниками і сошниками для розкидного

посіву насіння.

2. Широко застосовуються і серійно випускаються зернові сівалки з дисковими сошниками, які не в повній мірі відповідають агротехнічним вимогам щодо рівномірності висіву насіння по глибині.

3. Одним з найбільш перспективних шляхів підвищення ефективності дискових сівалок типу СЗ-3,6 є вдосконалення робочого органу - сошника, що забезпечує ущільнення дна борозенки і контакт насіння з дном борозенки і рівномірну укладку за глибиною залягання.

У зв'язку з цим метою даного дослідження є підвищення ефективності посіву зернових культур шляхом вдосконалення технологічного процесу розподілу насіння по глибині і обґрунтування параметрів двухдискового сошника.

Для виконання поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- на основі аналізу літературних джерел і патентних фондів визначити перспективний напрямок вдосконалення дискових сошників зернових сівалок і обґрунтувати конструктивно-технологічну схему зароблюючого робочого органу;

- провести теоретичні дослідження технологічного процесу загортання насіння з рівномірним розподілом їх по глибині і обґрунтувати параметри притискної пластини;

- експериментально досліджувати в лабораторних і польових умовах вплив конструктивних параметрів притискної пластини на рівномірність укладання насіння по глибині загортання;

- провести польові випробування сівалки з удосконаленими дисковими сошниками.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗАГОРТАННЯ НАСІННЯ В ГРУНТ З УЩІЛЬНЕННЯМ ДНА БОРОЗЕНКИ

2.1 Запропонована технологія закладання насіння в ґрунт, пристрій і робота вдосконаленого сошника

На основі проведеного аналізу існуючих технологій загорання насіння в ґрунт, засобів механізації посіву, патентних фондів запропонований технологічний процес посіву, що включає в себе утворення в ґрунті борозенки з ущільненим дном з одночасним укладанням і вдавненням насіння в дно борозенки, а також закриття насіння зверху пухким ґрунтом. Для здійснення запропонованої технології розроблені робочі органи плуга.

Існуючий технологічний процес посіву виконується за наступною схемою (рис. 2.1).

У підготовлену під посів поверхню поля (рис. 2.1, а) заглиблюються робочі органи на певну глибину h . В результаті врізання відбувається розсування ґрунту в сторони, утворюються гребні шириною b_2 і висотою h_1 і формуються стінки борозенки трапецієподібного поперечного перетину з розмірами: ширина b і b_1 , висота h_1 (див. рис. 2.1, б). В утворену борозенку висіваються насіння (див. рис. 2.1, в) і закриваються зверху шаром пухкого ґрунту (див. рис. 2.1, г).

Виконання пропонованого технологічного процесу посіву відбувається наступним чином (рис. 2.2).

У пропонованому технологічному процесі утворення гребнів, формування борозенки трапецієподібного поперечного перерізу і висів насіння відбувається аналогічно існуючій технології посіву (див. рис. 2.2, а, б, в).

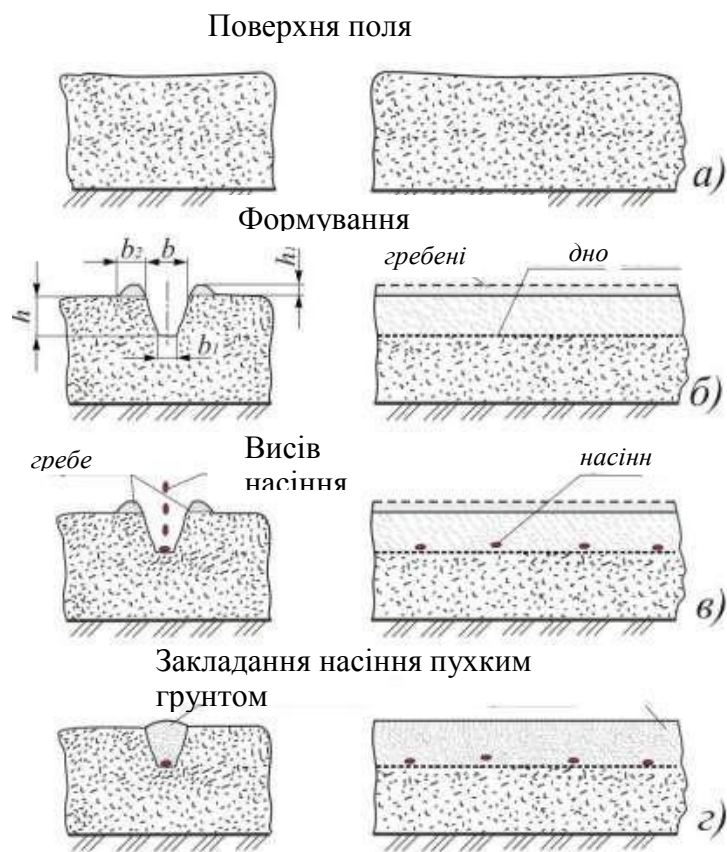


Рисунок - 2.1. Схема існуючого технологічного процесу посіву: а - поверхня поля; б - формування борозенки; в - висів насіння; г - закладання насіння пухким ґрунтом

Основна відмінність пропонованого технологічного процесу посіву полягає в наступному: після висіву насіння вдавлюються в дно борозенки (див. рис. 2.2, г) і одночасно відбувається ущільнення ґрунту dna борозенки (див. рис. 2.2, д). Наступна операція - насіння закладаються зверху шаром пухкої ґрунту (див. рис. 2.2, е). В результаті вдавлення насіння в дно борозенки з одночасним ущільненням ґрунту dna борозенки забезпечується підвищений контакт насіння з dnом борозенки, рівномірність розміщення їх по глибині і необхідний приплив вологи до насіння з нижніх шарів ґрунту, який сприяє їх швидкому проростанню і появи сходів, поліпшенню умов розвитку культурних рослин.

Розміри гребнів і борозенок залежать від типу і конструктивних параметрів робочих органів і їх глибини ходу.

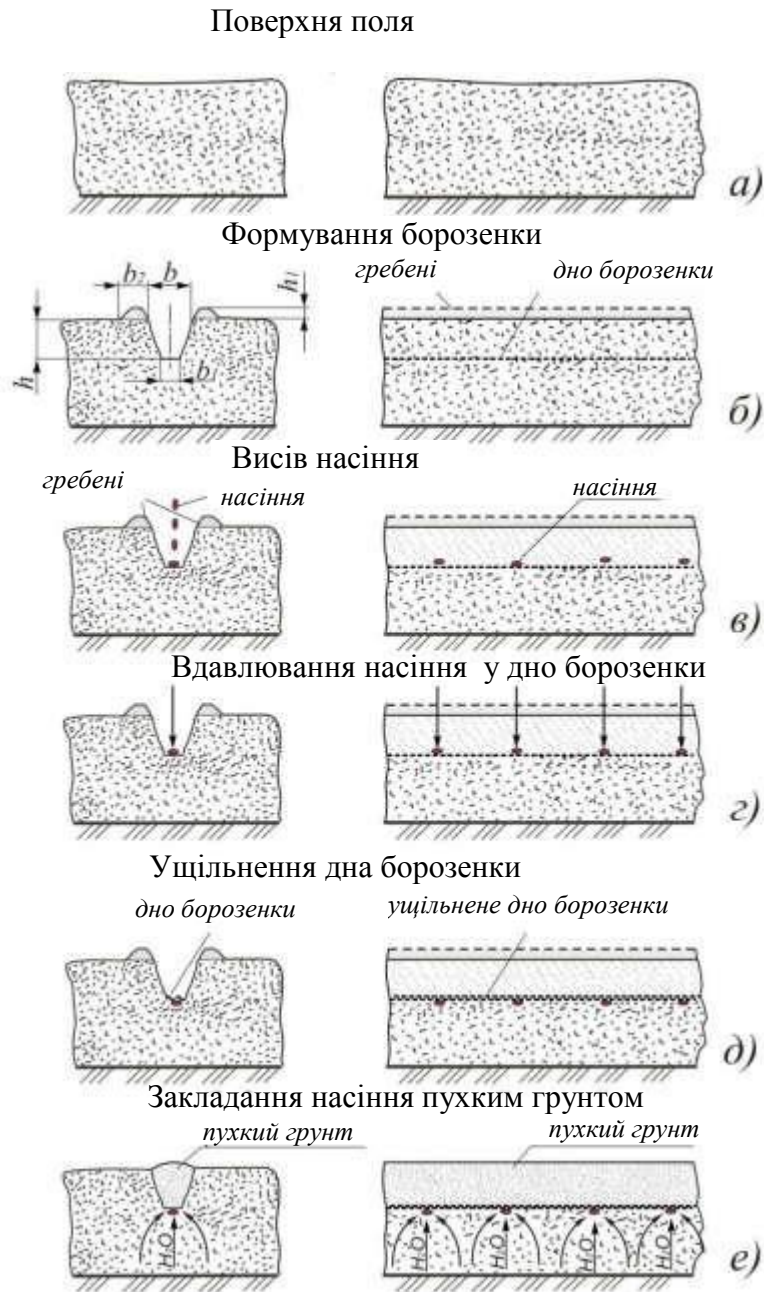


Рисунок - 2.2. Схема пропонованого технологічного процесу рядового посіву: *a* - поверхня поля підготовлена під посіви; *б* - формування борозенки; *в* - висів насіння; *г* - вдавнення насіння на дно борозенки; *д* - ущільнення дна борозенки; *е* - закладання насіння пухким ґрунтом

Технологічна схема зернової сівалки СЗ-3,6 з серійними і вдосконаленими дводисковими сошниками представлена на рисунках 2.3 і 2.4. Основою сівалки є рама 5 зварної замкнутої конструкції. Рама забезпечена причіпним пристроєм 11 і спирається на два опорно-приводних колеса 4.

Зверху рами закріплені два зернотукових ящика 1. Кожен ящик складається з двох відділень: переднього - для насіння зернових культур і заднього - для добрив. До дна переднього відділу прикріплені 24 висівних апарата катушкового типу для насіння, на задній стінці ящика закріплено 24 висівних апарата штифтово-катушкового типу для добрив. Насіннепроводи 9 з'єднують висіваючі апарати з дводисковими серійними і вдосконаленими сошниками.

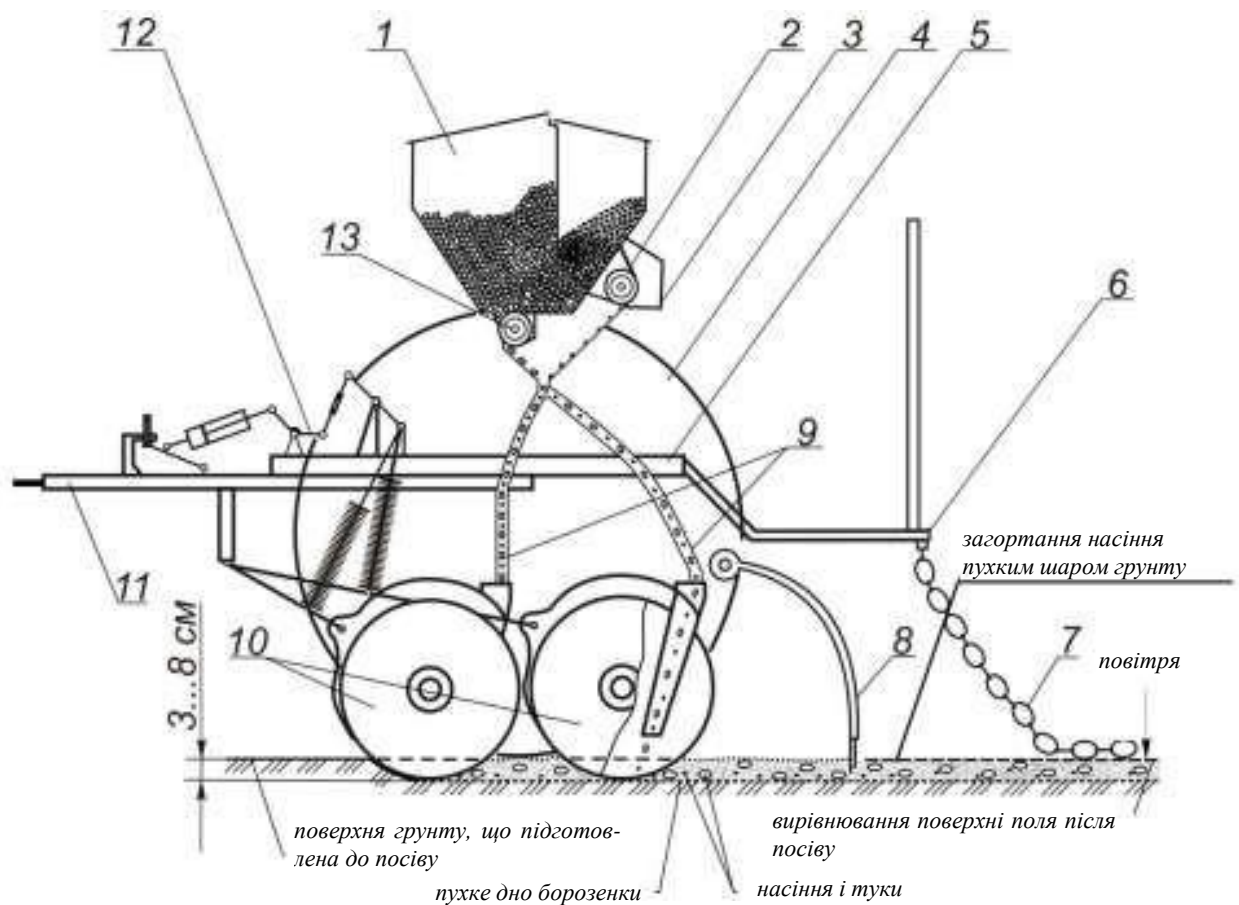


Рисунок- 2.3 - Технологічна схема зерновий сівалки СЗ-3,6 з серійними сошниками: 1 - зернотуковий ящик; 2 - туковисівного апарат; 3 - механізм передачі; 4 - опорно-приводні колеса; 5 - рама; 6 - підніжна дошка; 7 - ланцюгової шлейф; 8 - загортачем; 9 - насіннепроводи; 10 – дводискові плуга, 11 - причіпний пристрій; 12 - механізм підйому і опускання сошників; 13 - зерновисіваючий апарат; 14 - притискна пластина

Принцип роботи сівалки. З встановленими на задану норму висіву висіваючими апаратами і глибину загортання насіння з опущеними в робоче

становище сошниками сівалка приводиться в рух агрегуються трактором.

Висіваючі апарати, які приводяться від опорних коліс 4, проводять відбір насіння і туків, що надходять до них з зернотукового ящика 1 і направляють їх в насіннепроводи 9. Насіння під дією сили тяжіння надходять по насіннепроводам в спрямовувач насіння сошників і укладаються на дно борозенок, утворених дводисковими серійними (див. рисунок 2.3) і вдосконаленими (див. рисунок 2.4) сошниками 10. Встановлені за сошниками загортачем 8 закривають насіння зверху пухким ґрунтом, ланцюгової шлейф 7 вирівнює поверхню поля.

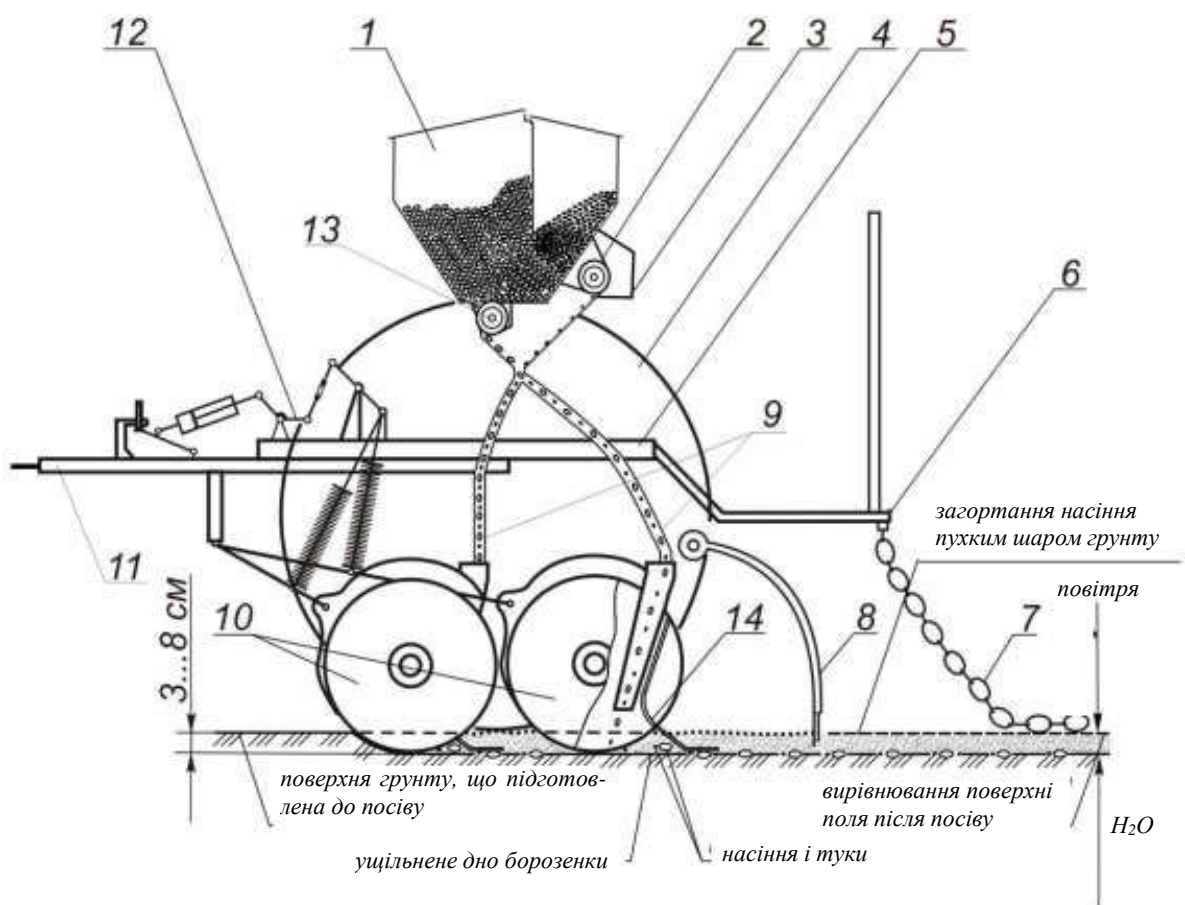


Рисунок - 2.4. Технологічна схема зернової сівалки СЗ-3,6 з вдосконаленими дводисковим сошниками: 1 – зернотуковий ящик; 2 – туковисівний апарат; 3 – механізм передачі; 4 – опорно-приводні колеса; 5 – рама; 6 – подножня дошка; 7 – ланцюговий шлейф; 8 – загортач; 9 – насіннепровід; 10 – вдосконалені сошники, 11 – причіпний пристрій; 12 – механізм підйому і опускання сошників; 13 – насіневисівний апарат; 14 – притискна пластина.

Вдосконалений сошник складається з корпусу 1 (рис. 2.5), двох плоских дисків 2, встановлених на розміщених в корпусах 3 шарикопідшипниках (на рисунку не показано), кронштейна повідця 4, направлявача насіння 5, притискної пластини 6. Остання виконана увігнутою у вигляді балки рівного опору і верхньою частиною 7 встановлена паралельно направлявача насіння 5 з нахилом вперед. Увігнутість поступово переходить у криволінійну ділянку (радіус) 8 притискної пластини 6.

Прямий похилий відрізок – деформатор 9 притискної пластини 6 виконаний з куту нахилу до горизонтальної поверхні дна борозни, меншим, чим кут тертя ґрунту про матеріал похилої ділянки 9 і далі переходить в горизонтальний хвостовик 10. Притискна пластина 6 встановлена між дисками з зазором і можливістю пружного деформування під дією сили опору ґрунтових грудок руйнування. Виступає за межі міждискового простору частина 11 притискної пластини 6 розташована не вище рівня поверхні ґрунту і утворює з дисками 2 максимально закриті з трьох боків простір. Для кріплення сошника до рами сівалки передбачений кронштейн повідця 4.

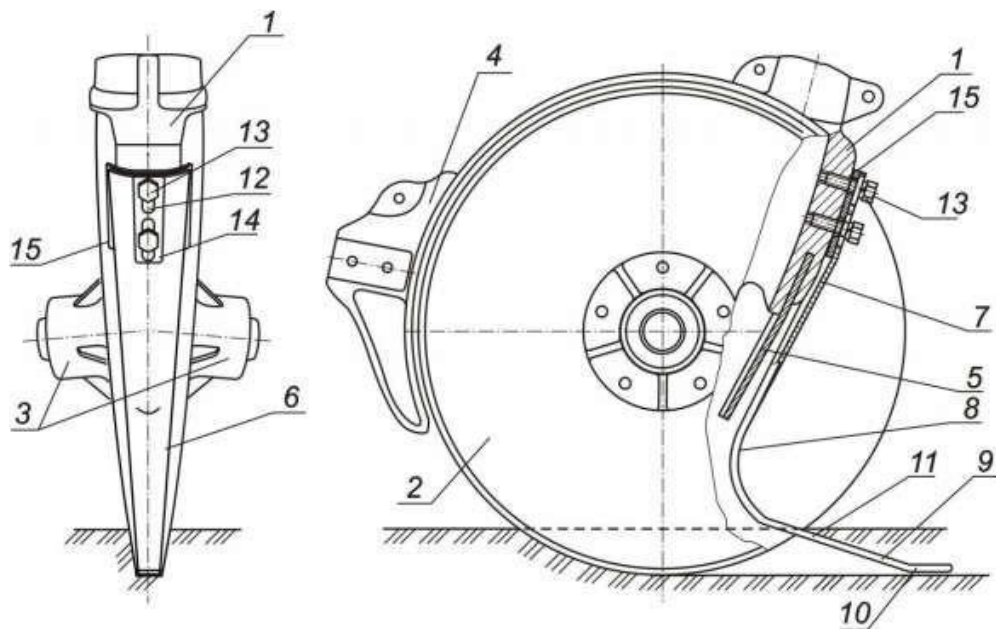


Рисунок - 2.5. Вдосконалений сошник

У верхній частині 7 притискної пластини 6 виконані поздовжні отвори 12 під болти кріплення 13, що дозволяють регулювати висоту розташування притискної пластини 6 і величину зусилля, що діє на насіння і ґрунтову масу

навколо насіння на дні борозенки. Верхня частина 7 пластини 6 забезпечена плоским майданчиком 14.

Між притискною пластиною 6 і корпусом 1 розташований чистик 15, притиснутий до корпусу за допомогою болтів 13.

Сошник працює наступним чином. Диски 2, обертаючись у підшипниках, врізаються в ґрунт і входять у нього. При русі сошника всередині утворено дисками 2 борозенки переміщується і притискна пластина 6. Насіння, що падає на дно борозенки, потрапляє під притискну пластину 6, яка деформатором 9 притискає їх до дна і хвостовиком 10 вдавлює в насінневе ложе.

Притискна пластина 6 ковзає по дну борозенки, придавлюючи насіння у дно і унеможливаючи групування ґрунту перед собою, так як має нахил щодо дна борозенки $\psi < \phi$ і виконаний без ступінчастих з'єднань і стиків. Загортачі, які розташовані за сошником, засипають насіння пухким ґрунтом зверху.

Встановлена з нахилом вперед притискна пластина 6 з увігнутою верхньою частиною 7 має велику жорсткість і створює більше зусилля притискання насіння на дно борозенки, так як верхня частина виконана з коробчатим поперечним перетином і має більший момент опору вигину.

Чистик 15 призначений для видалення прилиплого на диски 2 ґрунту.

Зусилля притиснення насіння до насінневого ложа регулюється переміщенням пластини 6 щодо болтів кріплення 13 уздовж поздовжніх отворів 12.

Таким чином, притискна пластина 6 вирівнює розташування насіння по глибині закладання і ущільнює ґрунтове середовище навколо насіння, створюючи добрий контакт насіння з ґрунтом, що володіє високою капілярністю. Це сприяє постачання насіння необхідною ґрунтовою вологою, і, як наслідок, забезпечує умови для інтенсивного їх проростання, продуктивного розвитку рослин і підвищення врожайності культурних рослин.

2.2 Визначення геометричних параметрів притискної пластини

Притискну пластину можна уявити як деформатор, що взаємодіє з ґрунтом. Як ущільнювач ковзного типу, що переміщується разом з сошником, він повинен мати у вертикальній площині клиноподібну, а в поздовжньо-вертикальній площині - криволінійну форму з параметрами, що виключають накопичування ґрунту перед собою, тобто кут між дотичною до ущільнювача і горизонталлю ψ повинен задовольняти умову:

$$f < \frac{h}{2} - f_0, \quad (2.1)$$

де f_0 - кут тертя ґрунту по поверхні ущільнювача, град.

В результаті взаємодії частинок ґрунту і дна борозенки з хвостовиком притискної пластини відбувається одночасне ущільнення цих частинок і згладжування її поверхневих шарів.

Притискна пластина встановлена в міждисковому просторі з можливістю пружного деформування під дією сили опору ґрунтових грудочок і сприяє їх руйнуванню, а також не перешкоджає обертанню дисків. Ширина b_n робочої частини пластини, що контактує з ґрунтом і деформує його, визначається відповідно до конструктивних параметрів сошника (див. рис. 2.6): радіусом R (або діаметром D) диска, кутом між дисками γ і кутом α , що визначає розташування точки B сходу дисків.

Притискна пластина виготовляється з рессорно-пружинної сталі 65Г за ГОСТ 14959-79, що характеризується підвищеною зносостійкістю і відносно невисокою вартістю. Вона виконана увігнутою у вигляді балки рівного опору, верхньою частиною прикріплена до корпусу паралельно направляча насіння з нахилом вперед. Похила ділянка - деформатор 3 - притискної пластини 2 містить горизонтальний хвостовик 4.

Щоб притискна пластина ковзала по дну борозенки та виключала накопичення ґрунту перед собою, а горизонтальним хвостовиком вдавлювала насіння в ґрунт, забезпечуючи рівномірність розподілу насіння по глибині і

ущільнюючи середовище навколо них, кут нахилу деформатора ψ щодо дна борозенки повинен бути менше кута тертя φ ґрунту про матеріал притискної пластини, тобто $f < \varphi$.

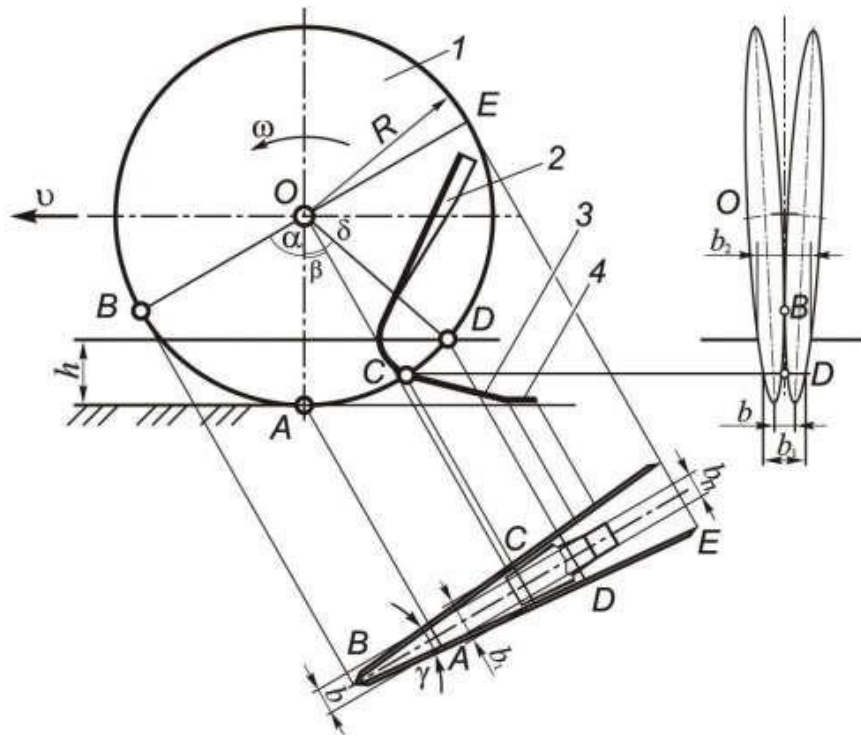


Рисунок - 2.6. Схема дискового сошника з притискною пластиною: 1 – диски; 2 - притискна пластина; 3 - деформатори; 4 - хвостовик

Геометричну форму притискної пластини зумовлює її розташування на сошнику. Ширина елементів притискної пластини залежить від місця її кріплення і ширини борозенки, утвореною сошником в процесі роботи. В серійному сошнику в місці кріплення притискної пластини встановлюються очисники для запобігання налипанню ґрунту. Ширина верхньої частини притискної пластини - рукояті - b_p .

Ширина борозенки b , м, утвореною дводисковим сошником з кутом розташування дисків γ , в нижній його частині - точці А (див. рис.2.6) дорівнює:

$$b = 2R (1 - \cos \alpha) \operatorname{si} \frac{\gamma}{2} , \quad (2.2)$$

де R - радіус диска сошника, м; згідно з даними заводу-виробника $R = 175 \text{ мм} = 0,175 \text{ м}$;

α - кут, що визначає розташування точки B сходу дисків, град .; для сошників сівалки СЗ-3,6, призначених для рядового посіву $\alpha = 50^\circ$.

З урахуванням сумарних зазорів Δb між корпусом і дисками:

$$b = 2R (1 - \cos \alpha) \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2} + \Delta b , \quad (2.3)$$

де Δb - зазор між внутрішньою стороною плоских дисків і притискної пластиною, на рисунку 2.6 не показано.

Розмір b_n визначає ширину хвостовика 4 притискної пластини (див. рис. 2.6).

Відстань між дисками b_1 на рівні виходу притискної пластини за габарити дисків - в b_1 точці С:

$$b_1 = 2R [1 - \cos (\alpha + \beta_{нд})] \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2}, \quad (2.4)$$

де $\beta_{нд}$ - кут, що визначає розташування початкової точки похилої частині пластини - деформатора, град.

Найбільша відстань між дисками b_2 на рівні поверхні поля при глибині ходу а так само:

$$b_2 = 2R [1 - \cos (\alpha + \delta)] \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2}, \quad (2.5)$$

де

$$\delta = \arccos \frac{R-h}{R}, \quad (2.6)$$

Для створення на глибині висіву h ущільнюючого ложа для насіння з щільністю скелета ґрунту дна борозни ρ необхідний тиск p і кут зовнішнього тертя стали і ґрунту $\varphi \geq \mathbf{f}$. Довжина l прямої похилої ділянки притискної пластини - деформатора - залежить від значень кутів β і ψ і товщини шару ґрунту h' , м, що зминає похилою частиною пластини.

Для визначення геометричних параметрів пластини з умов міцності необхідно провести силовий аналіз. Притискна пластина являє собою консольно закріплену вигнуту балку, навантажену силами: F_n – опір шару розпушеного ґрунту деформації похилим елементом притискної пластини (рис. 2.7, а), F_{mn} - тertia похилої частини по шару, що деформується, F_x - опір вдавнення насіння і ґрунтової маси навколо насіння на дні борозни горизонтальним хвостовиком, F_{mx} - тertia хвостовика про ґрунт. В точці А кріплення притискної пластини прикладені реакція R_A і реактивний момент m_A . Сили, що діють на пластину, в небезпечному перерізі балки викликають напруги стиснення σ_c і вигину σ_i . Напряга стиснення в небезпечному перерізі пластини відносно мала в порівнянні з напругою вигину. У зв'язку з цим виберемо визначальним напруга вигину від дії сумарного згинального моменту зовнішніх сил, що діють на елементи пластини.

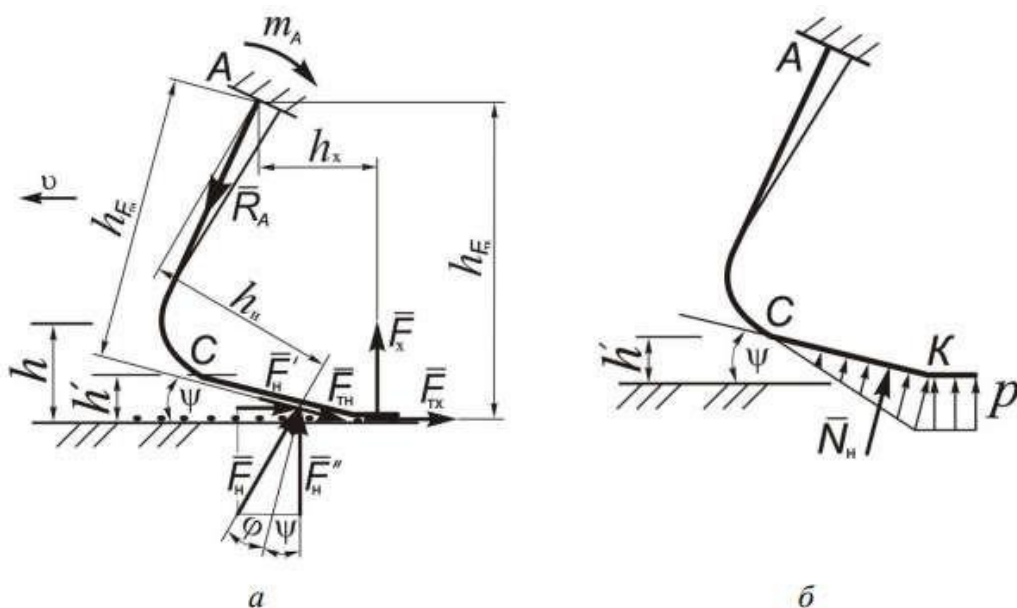


Рисунок - 2.7. Сили, що діють на притискну пластину: а - загальна схема сил; б - тиск ґрунту на пластину

Якщо прийняти, що опір стискання ґрунтових грудочок похилою частиною пластини пропорційний величині деформації, то епюра нормальних тисків ґрунту на деформатори пластини буде мати форму трикутника (рис. 2.7, б). Максимальне значення тиску ґрунту p в точці K переходу похилої частини до хвостовика :

$$p = qa', \quad (2.7)$$

Поперечний переріз притискної пластини у верхній увігнутій частині - місце кріплення - має вигляд кругового сектора кільця з радіусами: r - описаного кола (рис. 2.8), r_1 - вписаного кола, центральним кутом $\alpha_{ц}$ і координатами x і y центра ваги O .

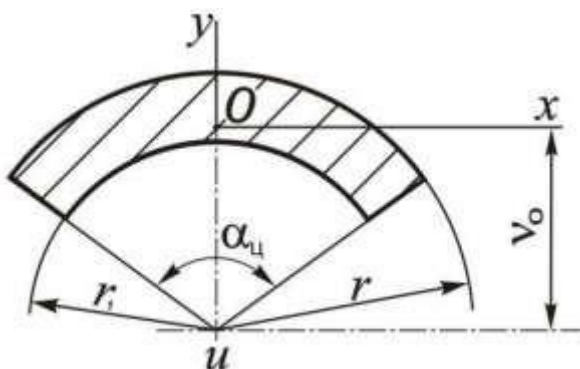


Рисунок - 2.8. Розрахункова схема до визначення моменту інерції перерізу притискної пластини: v_0 - відстань від центру описаного і вписаного кіл до центру тяжіння; u - центр описаного і вписаного кіл

Для притискної пластини, що має однакову товщину по всій довжині, визначені залежності моменту опору небезпечного перетину вигину від радіуса кривизни r перетину (рис. 2.9, а) і товщини δ_n (рис. 2.9, б).

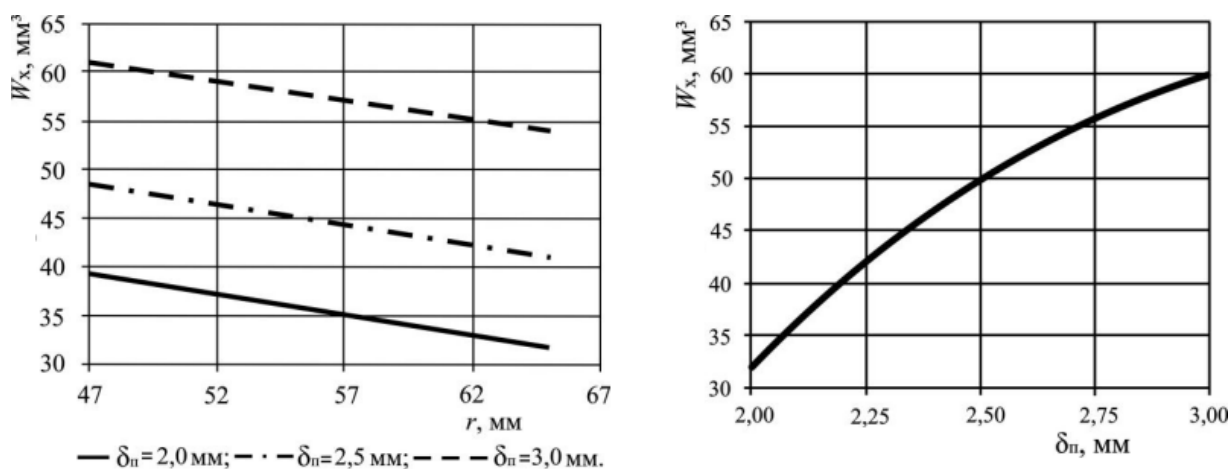


Рисунок - 2.9. Залежність моменту опору перерізу пластини від геометричних параметрів: а - радіуса кривизни r ; б - товщини δ_n

Представлені графічні залежності дозволяють визначити геометричні параметри притискної пластини, яка встановлюється в міждисковому просторі найбільш поширених сошників зернових сівалок.

2.3 Визначення тягового опору вдосконаленого сошника

Вдосконалений дводисковий сошник, оснащений притискною пластиною 2, складається з двох плоских дисків 1, заточених по колу і кріпляться до корпусу під кутом 10° один до одного. Вони, зближуючись в передній частині між собою, утворюють гострий кут. В процесі роботи диски врізаються в ґрунт, кожен диск прорізає шар ґрунту на визначену глибину і розсовує його в поперечному напрямку, формуючи борозенку. Встановлена ззаду дисків пластина, переміщуючись разом з сошником, притискає насіння до дна і вирівнює їх по глибині загортання, роздавлюючи при цьому і грудочки ґрунту, що потрапили на дно (рис. 2.10).

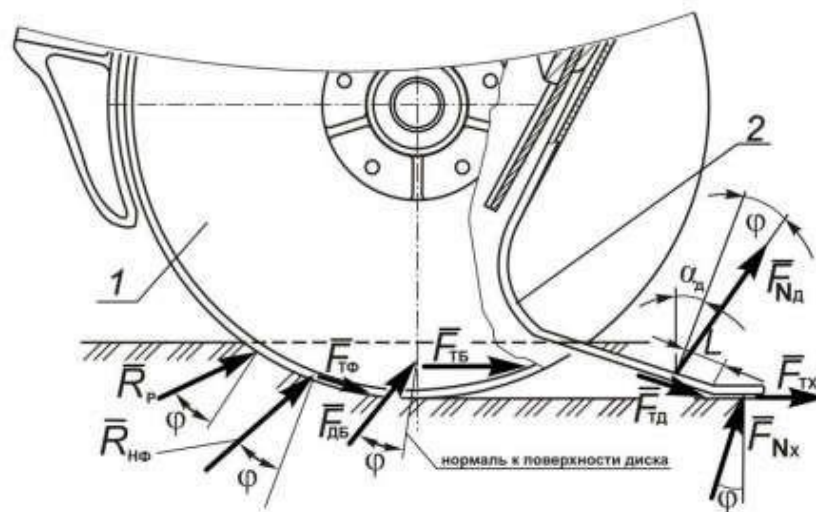


Рисунок - 2.10. Розрахункова схема до визначення тягового зусилля серійного і вдосконаленого сошника: 1 - плоскі диски; 2 - притискна пластина; L - відстань до точки прикладання сили $F_{тр,д}$

Виконаєм розрахунок тягового опору серійного і вдосконаленого сошників R_c . Воно складається з наступних сил опору: різанню диска R_p , зім'яття фаскою R_f , ґрунту деформації бічної поверхнею диска $F_{дб}$, тертя

фаски про ґрунт $F_{тр}$, тертя бічної поверхні диска про ґрунт $F_{тб}$, нормальної реакції ґрунту на деформатори притискної пластини F_{Nd} , тертя деформатора притискної пластини по ґрунт $F_{тд}$, нормальної реакції ґрунту на хвостовик (сила опору вдавненню насіння і ґрунтової маси хвостовиком притискної пластини) F_{Nx} і сили тертя хвостовика притискної пластини по ґрунт $F_{тх}$.

Тяговий опір вдосконаленого сошника визначається по залежності:

$$\vec{R}_c = 2(\vec{R}_p + \vec{R}_\phi + \vec{F}_{тф} + \vec{F}_{дб} + \vec{F}_{тдб}) + \vec{F}_{Nd} + \vec{F}_{тд} + \vec{F}_{Nx} + \vec{F}_{тх} \quad (2.8)$$

Розглянемо складові залежності

Сила опору різання ріжучої кромкою диска R_p , Н :

$$R_p = K_p \delta' h, \quad (2.9)$$

де K_p - питомий опір різанню, Н/м², для переважної площі земель $K_p = 60-80$ кН / м²; δ' - товщина диска сошника, м. $\delta' = 0,0025$ м.

Сила опору зминанню фаскою заточеною частини диска R_ϕ , :

$$R_\phi = F_{тф} \cos \theta f, \quad (2.10)$$

де $F_{тф}$ - сила тертя заточеною частини фаски, Н; θ - кут заточування леза диска, град; $\theta = 18^\circ$; f - коефіцієнт тертя ґрунту про сталь $f = 0,35 \dots 0,70$.

Сила тертя фаски про ґрунт $F_{тф}$, Н:

$$F_{тф} = K_p \delta' h f. \quad (2.11)$$

Сила опору ґрунту деформації бічною поверхнею диска $F_{дб}$, Н:

$$F_{дб} = S_{сег} k_\pi, \quad (2.12)$$

де $S_{сег}$ - площа сегмента диска на рівні поверхні поля при глибині ходу h (рис. 2.11), м²; k_π - коефіцієнт питомої опору ґрунту, Н/м²; $k_\pi = 2 \cdot 10^4$ Н/м².

Площа сегмента диска, м²

$$S_{\text{сег}} = \frac{1}{2}(\mu - \sin\mu)R^2 \quad (2.13)$$

де μ - центральний кут сектора, утворений диском на рівні поверхні поля при глибині ходу h , град.;

R - радіус кута сегмента, рівний радіусу дискасошника, м.

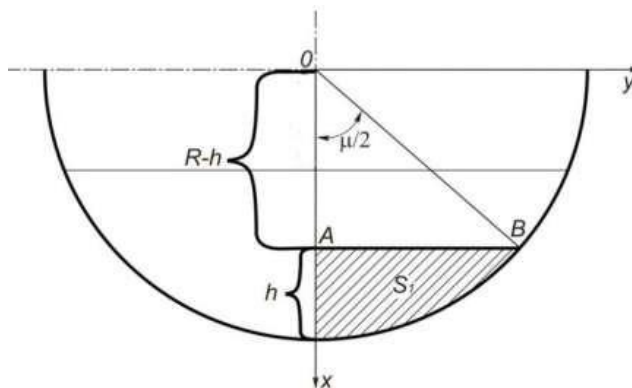


Рисунок - 2.11. Розрахункова схема для визначення площі сегмента плоского диска сошника

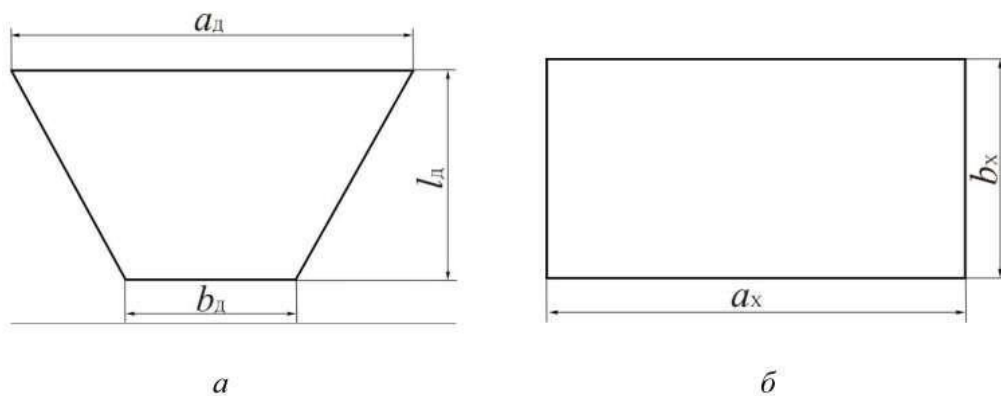


Рисунок - 2.12. Розрахункова схема до визначення площі:
 a – деформатора; $б$ – хвостовика

Площа деформатора S_d , м

$$S_d = \frac{1}{2}(a_d + b_d)l_d, \quad (2.14)$$

де a_d – ширина верхньої основи деформатора притискної пластини, що зминає ґрунтову масу, м; b_d – ширина нижньої основи деформатора притискної пластини, м; l_d – довжина деформатора, м.

Сила тертя деформатора притискної пластини по ґрунту $F_{\text{тд}}$, Н:

$$F_{\text{тд}} = F_{N\text{д}}f \quad (2.15)$$

Сила опору втискування насіння і ґрунтової маси хвостовиком притискної пластини $F_{N\text{x}}$, Н:

$$F_{N\text{x}} = S_{\text{S}}p \quad (2.16)$$

де S_{S} – площа хвостовика притискної пластини, м^2 (рис. 2.12, б); p – тиск, що створює необхідну щільність ґрунту і діє на хвостовик притискної пластини, $\text{Н}/\text{м}^2$; відповідно до проведених лабораторних досліджень $p = 34600 \text{ Н}/\text{м}^2$.

Площа хвостовика S_{S} , м^2

$$S_{\text{S}} = a_{\text{S}}b_{\text{S}}, \quad (2.17)$$

де a_{S} – довжина хвостовика притискної пластини, м ; b_{S} – ширина хвостовика притискної пластини, м .

Сила тертя хвостовика притискної пластини по ґрунту $F_{N\text{S}}$, Н:

$$F_{\text{тS}} = F_{N\text{S}}f \quad (2.18)$$

У відповідності з агротехнічними вимогами, що пред'являються до посіву, швидкість посівного агрегату при посіві повинна бути в межах від 1,94 до 2,50 $\text{м}/\text{с}$, а при посіві на підвищених швидкостях досягає 4,0 $\text{м}/\text{с}$, глибина посіву становить 0,03...0,08 м .

За результатами розрахунків побудовані тривимірні графічні залежності тягового опору серійного та удосконаленого сошників у зазначеному вище діапазоні швидкостей руху і глибини ходу сошників (рис. 2.13, 2.14).

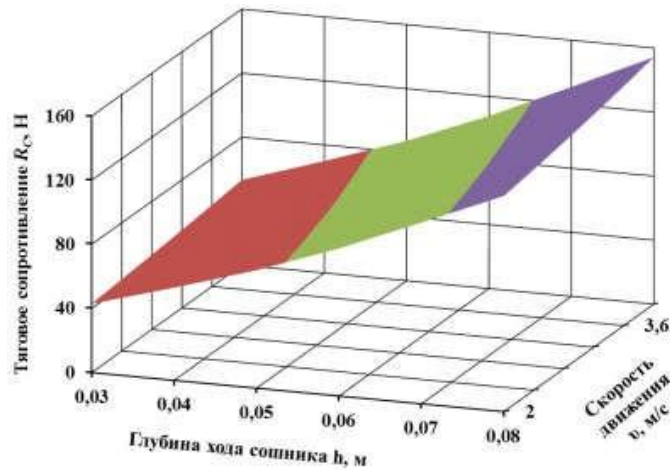


Рисунок - 2.13. Теоретична залежність тягового опору серійного сошника

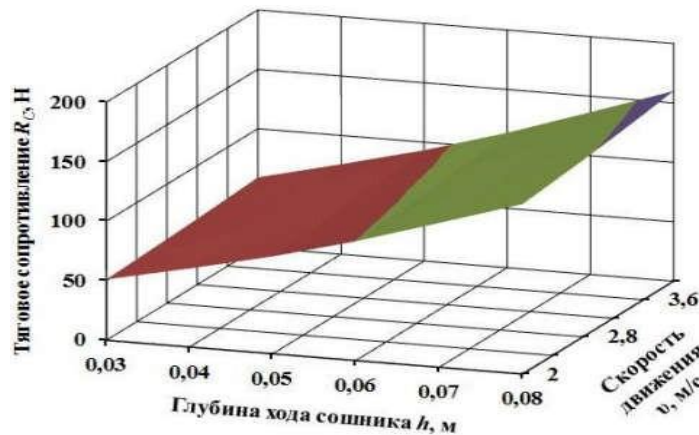


Рисунок - 2.14. Теоретична залежність тягового опору вдосконаленого сошника

З виконаних розрахунків можна зробити висновок, що тяговий опір сівалки в основному залежить від технологічних властивостей ґрунту, ширини захвату і глибини посіву. Швидкість руху сівалки не чинить істотного впливу на тяговий опір, так як глибина посіву змінюється в дуже вузьких межах і її вплив залишається практично постійним. Зміну швидкості при орієнтовних розрахунках не враховують, вважаючи, що тяговий опір пропорційно ширині захвату і його можна визначити за формулою:

$$R_x = KB, \quad (2.19)$$

де K - питомий опір машини, кН/м, для причіпної зернової сівалки $K = 1,0 \dots 1,5$ кН/м [140]; B - робоча ширина захвату машини, м.

Питомий опір K залежить не тільки від опору плугів, але і від опору коліс сівалки перекочуванню, яке, в свою чергу, залежить від типу і параметрів коліс, навантаження на них, опору обертанню висіваючих апаратів і т. п.

2.4 Визначення залежності деформації пружини

В процесі роботи сівалки величина глибини ходу сошника залежить від зусилля створюваного пружиною, яка встановлена на штанзі. При цьому сошник знаходиться в рівновазі під дією зовнішніх сил.

На сошник в процесі роботи діють наступні сили (рис. 2.15): сила тяжіння сошника в зборі з повідцем $G_{\text{сош}}$; сила опору переміщенню диска $F_{\text{сд}}$; нормальна реакція дна борозни $R_{\text{д}}$; сила тертя ґрунту по поверхні деформатора $F_{\text{тд}}$; нормальна реакція ґрунту на деформатори $F_{\text{нд}}$; сила тертя ґрунту по поверхні хвостовика $F_{\text{тх}}$; нормальна реакція ґрунту на хвостовик $F_{\text{нх}}$; зусилля пружини повідця $F_{\text{кр}}$.

Сила тяжіння сошника $G_{\text{сош}}$ може бути визначена з виразу:

$$G_{\text{сош}} = m_{\text{сош}}g, \quad (2.20)$$

де $m_{\text{сош}}$ - маса сошника в зборі, кг: сошника з довгим повідком $m_{\text{сош}} = 13,3$ кг, сошника з коротким повідком $m_{\text{сош}} = 12,2$ кг.

Сила опору переміщенню диска $F_{\text{сд}}$ може бути визначена з формули академіка Горячкіна В. П. [15]:

$$F_{\text{сд}} = hb_k(k_k + sv^2) \quad (2.21)$$

де b_k - максимальна відстань між дисками сошника на рівні поверхні поля, м; ε - швидкісний коефіцієнт, кПа \cdot с²/м²; $\varepsilon = 1,5 \dots 2,0$ кПа \cdot с²/м².

При цьому сила стиснення пружини визначиться як:

$$F_{\text{пр}} = \frac{\left[\begin{aligned} &F_d l_d + h_{\text{оп}}(F_{\text{сд}} + F_{\text{тх}}) + G_{\text{сош}} l_{\text{цтс}} \cos \beta + F_x l_x + F_{\text{тд}} h_d + \\ &+ h \left(F_{\text{тх}} + \frac{F_{\text{сд}}}{2} \right) - (L_1 + L_2) [(G_{\text{сош}} - R_d - F_{N_x}) \cos \beta - F_d \cos \alpha_d - F_{\text{тд}} \sin \alpha_d] \end{aligned} \right]}{L_2 \cdot \cos(\beta - \gamma_{\text{ш}})} \quad (2.22)$$

Деформація пружини λ , м, може бути визначена

$$\lambda = \frac{F_{\text{кр}}}{C}$$

де C - жорсткість пружини повідця сошника, Н/м.

Отримаємо вираз для визначення деформації пружини в залежності від умов роботи посівного агрегату:

$$\lambda = \frac{\left[\begin{aligned} &F_d l_d + h_{\text{оп}}(F_{\text{сд}} + F_{\text{тх}}) + G_{\text{сош}} l_{\text{цтс}} \cos \beta + F_x l_x + F_{\text{тд}} h_d + \\ &+ h \left(F_{\text{тх}} + \frac{F_{\text{сд}}}{2} \right) - (L_1 + L_2) [(G_{\text{сош}} - R_d - F_{N_x}) \cos \beta - F_d \cos \alpha_d - F_{\text{тд}} \sin \alpha_d] \end{aligned} \right]}{C L_2 \cdot \cos(\beta - \gamma_{\text{ш}})} \quad (2.23)$$

На рисунку 2.17 і 2.18 представлені графічні інтерпретації деформації пружини в залежності від умов роботи посівного агрегату.

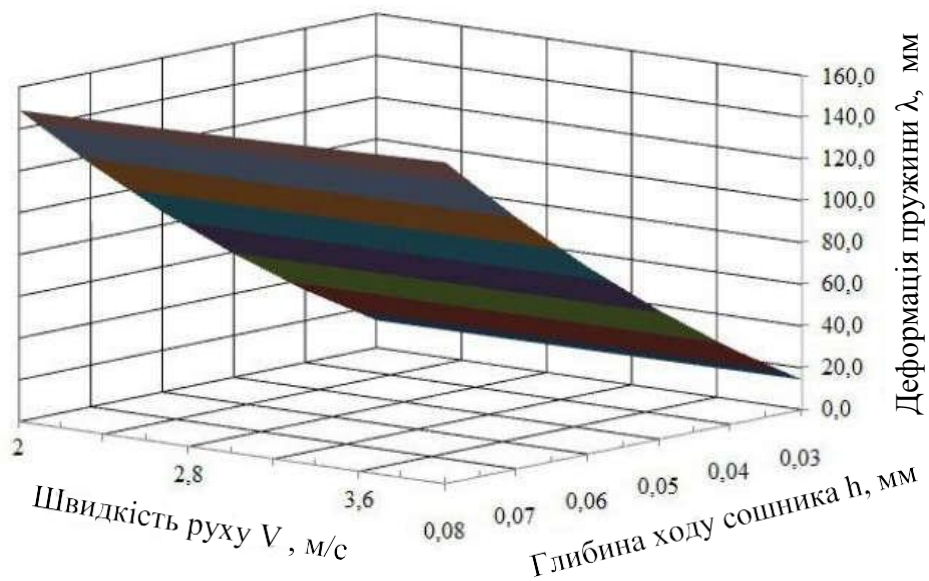


Рисунок - 2.17. Деформація пружини сошника з коротким повідцем в процесі роботи посівного агрегату

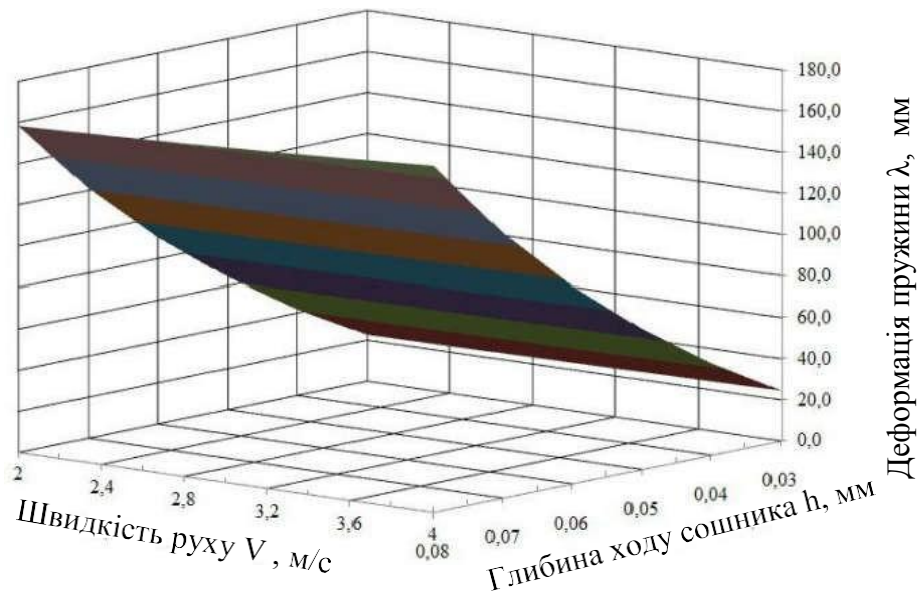


Рисунок - 2.18. Деформація пружини сошника з довгим повідцем в процесі роботи посівного агрегату

Таким чином, проведені розрахунки показали, що на деформацію пружини найбільший вплив діє глибина ходу сошника. Швидкість же руху посівного агрегату на деформацію пружини має незначний вплив.

2.5 Визначення стійкості ходу сошника

До сошника зернової сівалки пред'являють дві основні вимоги: він повинен закладати насіння на задану глибину; при цьому коливання сошника на заданій глибині повинні бути мінімальними і перебувати в межах агротехнічного допуску. Внаслідок того, що на сошник діють різні фактори, впливають на рівномірність його ходу і, як наслідок, рівномірність висіву насіння, необхідно оцінити ступінь впливу цих факторів на якість висіву.

В процесі роботи на сошник діють постійно мінливі зовнішні впливу, які викликані нерівномірністю фізико-механічних властивостей ґрунту і нерівностями профілю поверхні ґрунту.

На коливання глибини ходу сошників найбільший вплив чинить опір

грунту, ніж профіль поверхні, по якій переміщується посівний агрегат. У зв'язку з цим висоту підвісу сошників можна прийняти за незмінну величину ($h_{ok} = \text{const}$).

Схема для розрахунку стійкості ходу сошника в процесі роботи представлена на рисунку 2.19.

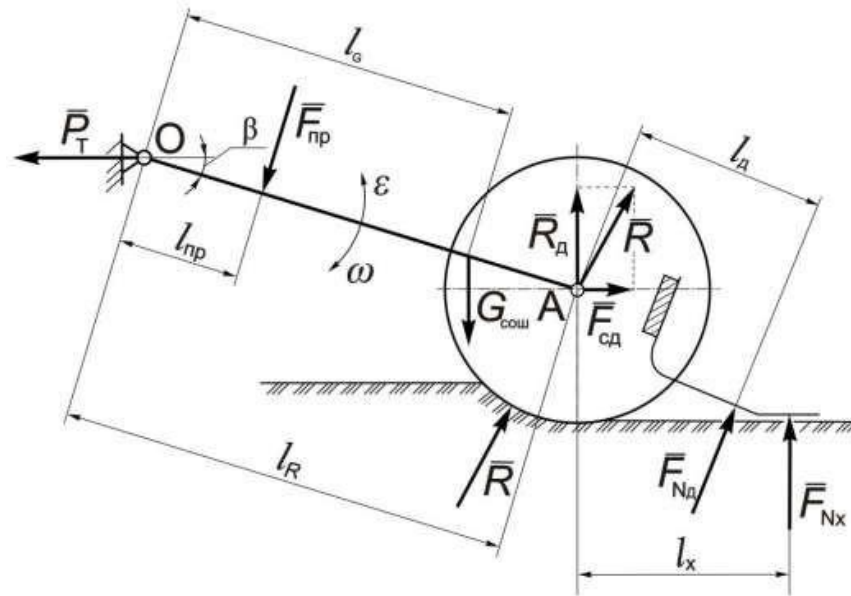


Рисунок - 2.19. Схема до визначення стійкості ходу сошника

Для спрощення розрахунку прийmemo, що сила стиску пружини прикладене перпендикулярно до осі симетрії повідка.

Умови стійкості сошника в статиці мають вигляд:

В якості критерію стійкості руху сошника може бути прийнято сталість кута нахилу повідця β , яке буде забезпечено при відсутності коливань сошника. При цьому статичну рівновагу сошника описується тільки рівнянням моментів сил відносно осі підвісу повідця – точки O . Рівняння рівноваги при цьому має вигляд:

$$F_{kl_{кр}} + G_{сoш}l_G \cos \beta_0 - R_d l_R \cos \beta_0 - F_{сд} l_R \sin \beta_0 - F_{N_d}(l_R \cos(\beta_0 - \alpha_d) + l_d) - F_{N_x}(l_R \cos \beta_0 - l_s) = 0 \quad (2.24)$$

де $l_{кр}$, l_G , l_R – відстань від осі підвісу сошника до точок прикладання сили стиснення пружини, сили тяжіння сошника і нормальної реакції дна борозни на диск відповідно, м; β_0 – кут нахилу сошника при статичній

рівновазі, град.

Характер руху сошника в процесі роботи відповідно до принципу Даламбера може бути описаний диференціальним рівнянням:

$$I\ddot{\beta} = F_{kp}l_{kp} + G_{сош}l_G \cos \beta_0 - R_{д}l_R \cos \beta_0 - F_{сд}l_R \sin \beta_0 - F_{N_{д}}(l_R \cos(\beta_0 - a_{д}) + l_{д}) - F_{NS}(l_R \cos \beta_0 - l_S) \quad (2.25)$$

де I - момент інерції сошника відносно осі підвісу, кг · м².

Для того щоб задана глибина висіву насіння перебувала в межах, заданих агротехнічними вимогами, відхилення сошника від усталеного середнього положення можна вважати досить малими. При цьому миттєвий кут β , що визначає положення сошника, запишеться у вигляді:

$$\beta = \beta_0 + \Delta\beta \quad (2.26)$$

де $\Delta\beta$ - миттєве збільшення кута повороту сошника, град.

Для малих кутів характерні наступні залежності:

$$\sin \Delta\beta = \Delta\beta; \cos \Delta\beta \approx 1. \quad (2.27)$$

Сили, що діють на сошник, можна також представити у вигляді суми деякого середнього значення і змінного миттєвого збільшення:

$$F_{kp} = F_{kpo} + \Delta F_{kp} \quad (2.28)$$

$$R_{д} = R_{д0} + \Delta R_{д} \quad (2.29)$$

$$F_{сд} = F_{сдо} + \Delta F_{сд} \quad (2.30)$$

$$F_{N_{д}} = F_{N_{до}} + \Delta F_{N_{д}} \quad (2.31)$$

$$F_{NS} = F_{NSO} + \Delta F_{NS} \quad (2.32)$$

Підставивши у вихідне диференціальне рівняння, отримаємо:

$$I(\beta_0 + \Delta\beta)'' = (F_{kpo} + \Delta F_{kp})l_{kp} + G_{сош}l_G \cos(\beta_0 + \Delta\beta) - (R_{д0} + \Delta R_{д})l_R \cos(\beta_0 + \Delta\beta) - (F_{сдо} + \Delta F_{сд})l_R \sin(\beta_0 + \Delta\beta) - (F_{N_{до}} + \Delta F_{N_{д}})(l_R \cos(\beta_0 + \Delta\beta - a_{д}) + l_{д}) - (F_{NSO} + \Delta F_{NS}) \cdot (l_R \cos(\beta_0 + \Delta\beta) + l_S) \quad (2.33)$$

Таким чином, отримані залежності дозволяють судити про величину коливань сошника, обумовлених нерівномірністю фізичних властивостей і мікрорельєфу ґрунту, що виникають в процесі здійснення технологічного процесу посіву. Так, аналізуючи відповідні вирази для серійного і вдосконаленого сошників, можна зробити висновок, що при наявності на сошнику притискної пластини коливання сошника зменшуються. Це забезпечує більш рівномірну глибину висіву насіння, підвищення їх схожості і збільшення врожайності в цілому.

Зробимо припущення, що сили, що діють на сошник в процесі посіву, можуть бути приведені до трьох сил: сили тяжіння сошника з поводками G , тяговому зусиллю P і силі опору ґрунту R . У випадку використання вдосконаленого сошника вплив чинитиме також сила R_k , що діє з боку ґрунту на притискну пластину.

В силу мінливості тягового зусилля P і сили опору ґрунту R рівновага сошника безперервно порушується, і цю умову слід розглядати як миттєву. Внаслідок цього оцінку стійкості ходу сошника і впливу на неї параметрів сошника і швидкості руху посівного агрегату можна дати лише на основі аналізу динаміки сошника в ґрунті.

При моделюванні впливу ґрунту на леміш приймемо в якості загальних параметрів еквівалентної (ідеалізованої) механічної системи «ґрунт-сошник-механізм заглиблення сошника» (Г-С-МЗС) такі коефіцієнти реологічних моделі ґрунту:

- коефіцієнт k_1 пропорційності зміни позиційної сили R , обумовлений дією ґрунту на леміш;
- коефіцієнт k_2 пропорційності зміни позиційної сили R_d , обумовлений дією ґрунту на притискну пластину;
- коефіцієнт демпфування c_1 .

Крім цього, слід врахувати конструктивні особливості механізму заглиблення сошника: загальну масу системи m_c , коефіцієнт жорсткості еквівалентного пружного елемента k_4 , приведений до центру інерції - центру мас сошника, а також коефіцієнт жорсткості притискної пластини k_2 .

У той же час зміна вертикальної складової реакції ґрунту при переміщенні сошника по нерівній поверхні поля залежить не тільки від глибини ходусошника, а й від швидкості його переміщення. Внаслідок цього дію ґрунту на леміш в ідеалізованій системі доповнюється ідеалізованою демпфуючою силою, яка характеризується коефіцієнтом демпферування c_1 . Схема механізму заглиблення сошника представлена на рисунку 2.20.

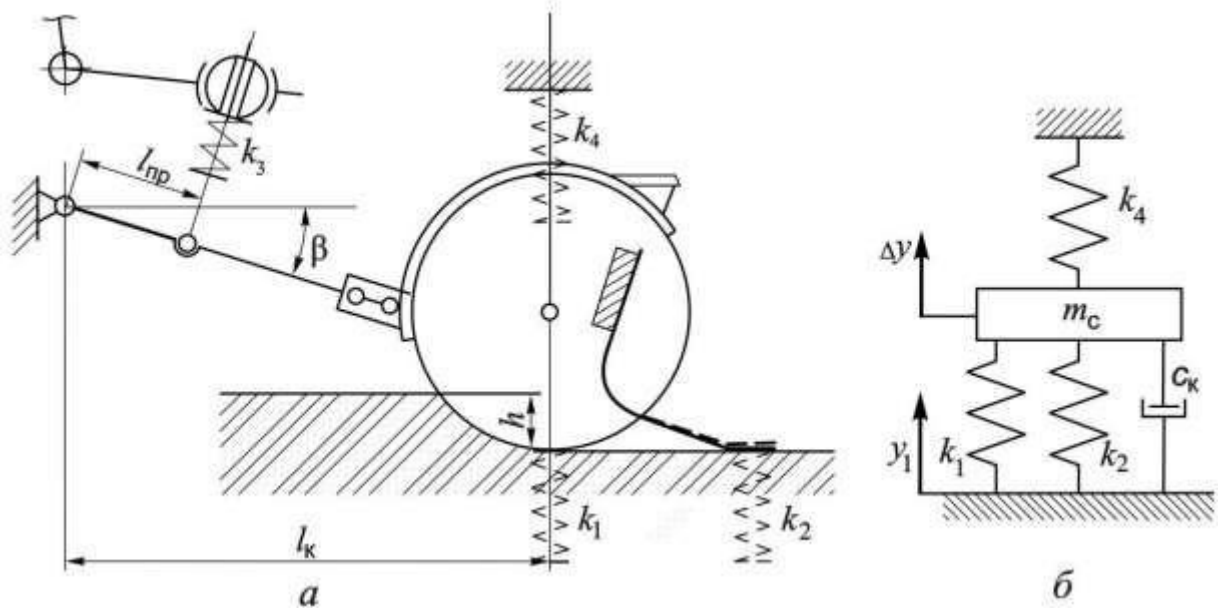


Рисунок - 2.20. Схема заміни параметрів МЗС і обурень з боку ґрунту загальними параметрами системи Г-З-МЗС: а - схема МЗС; б - еквівалентна ідеалізована механічна система з узагальненими параметрами

Коефіцієнт k_2 жорсткості притискної пластини, згідно з дослідженнями, проведеним в розділі 4.3, становить 7500 ... 7600 Н/м; коефіцієнт же k_3 жорсткості циліндричної пружини становить 4500 ... 4600 Н/м.

Коефіцієнт k_4 жорсткості МЗС визначається через коефіцієнт k_3 жорсткості пружного елемента підвіски (пружини) відповідно до виразу:

$$k_4 = k_3 \cdot \frac{l_{кп}}{l_к} \quad (2.34)$$

де l_k - горизонтальна координата точки прикладання еквівалентного пружного елемента, м, яка визначається з виразу:

$$l_k = (L_1 + L_2) \cos \beta \quad (2.35)$$

Для отримання рівномірності глибини загортання насіння сошники зернових сівалок повинні копіювати нерівності з амплітудою 20-50 мм і кроком 1,4-3,0 м, оскільки нерівності з кроком менше 20 мм знімаються сошником, а нерівності з кроком більше 3 м копіюються сівалкою, а не окремими сошниками. Приймаючи, що збурення від нерівностей поверхні ґрунту є періодичними, аналітичний вираз для визначення відносного переміщення серійного сошника представимо у вигляді

$$\Delta y = \frac{(m_0 - k_4) y_1 \sin(\omega t - \mathbf{f})}{m_0 \sqrt{(k_1 - k_4 - m_0 \omega^2)^2 + (c_1 \omega)^2}} \quad (2.36)$$

де y_1 - амплітуда нерівностей поверхні ґрунту, м; $y_1 = 20 \dots 50$ мм; ω - кутова частота, c^{-1} , впливів збурюючих нерівностей ґрунту, яка дорівнює кутової швидкості обертання вектора, який зображує гармонійні коливання системи; t - момент часу с, для якого визначається відхилення; c_1 - коефіцієнт демпферування, Н/м; згідно $c_1 = 0,26 \dots 0,32$ Н/м.

На рисунку 2.21 представлена динаміка коливань сошника

З урахуванням того, що в процесі посіву регламентується максимальне значення відхилення від глибини посіву насіння, а максимальне значення функції $\mathbf{f}(t) = \text{sik}(\omega t - \mathbf{f})$ дорівнює одиниці, вираз для визначення максимальної величини відхилення глибини посіву насіння можна записати у вигляді:

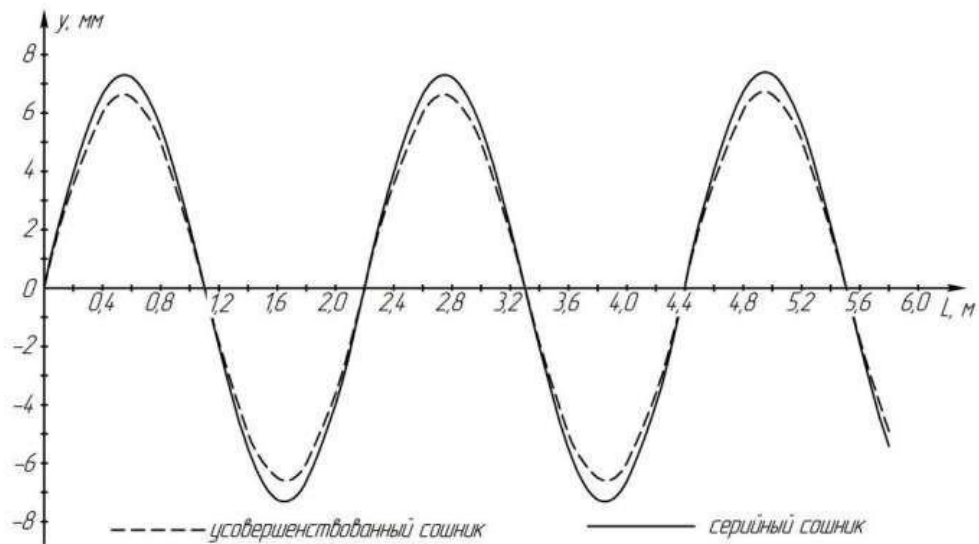


Рисунок - 2.21. Динаміка коливань сошника в процесі посіву

$$\Delta y_{maS} = \frac{(m_0\omega - k_4)y_1}{m_0\sqrt{(k_1+k_2+k_4 - m_0\omega^2)^2 + (c_1\omega)^2}} \quad (2.37)$$

Згідно номограмам, при посіві сівалкою, обладнаною серійними сошниками, необхідне значення нерівномірності забезпечується при швидкості руху до 2,96 м/с (10,7 км/год); а при посіві сівалкою з удосконаленими сошниками максимальна швидкість, при якій забезпечується необхідне значення нерівномірності, становить 3,4 м/с (12,2 км/год).

Висновки

1. Запропоновано технологічний процес посіву зернових культур і конструктивна-технологічна схема дводискового сошника зернової сівалки, яка по- лягає в установці в міждисковому просторі притискної пластини, ущільнюючої і придавлює насіння на дно борозенки, чим забезпечується рівномірність укладання їх по глибині.

2. Теоретично обґрунтовані геометричні параметри запропонованої притискної пластини: радіус кривизни перетину r , товщина пластини δ_k . При цьому для сошника оптимальна товщина пластини становить 2,5 мм при радіусі кривизни перетину $r = 52 \dots 57$ мм.

3. Проведений аналіз зміни тягового опору вдосконаленого сошника в порівнянні з серійним. Встановлення притискної пластини збільшує тяговий

опір сошника на 8,0 Н. Визначено зусилля, що діє на притискну пластину в процесі роботи.

4. Проведені дослідження показали, що на деформацію пружини найбільший вплив діє глибина ходу сошника, а швидкість руху посівного агрегату на величину деформації впливає незначно. Пружини, які встановлені на сошниках з довгим поводком, схильні до більшої деформації в порівнянні з пружинами сошників з короткими повідцями.

5. Проведений аналіз стійкості ходу сошника в процесі роботи дозволив визначити, що установка притискної пластини призводить до зменшення амплітуди коливань сошника у вертикальній площині і, як наслідок, до зниження нерівномірності загортання насіння по глибині на 5,7 ... 16,5 %.

РОЗДІЛ 3

ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Загальна програма експериментальних досліджень

Для перевірки і підтвердження отриманих теоретичних результатів технологічного процесу посіву зернових культур була розроблена наступна програма експериментальних досліджень:

- лабораторні дослідження з метою перевірки і обґрунтування основних конструктивних параметрів вдосконаленого сошника з притискною пластиною;
- польові випробування сівалки, обладнаної вдосконаленими сошниками, при посіві зернових культур, і порівняння агротехнічних показників з серійними випускаються зерновими сівалки СЗ-3,6.

3.2 Програма лабораторних досліджень

Лабораторні дослідження проводились:

- для виявлення основних фізико-механічних властивостей ґрунту, які використовуються при дослідженнях;
- для визначення взаємозв'язку статичного тиску притискної пластини сошника на дно борозенки з опором переміщенню робочого органу;
- для визначення раціональних конструктивних і геометричних параметрів притискної пластини.

3.3 Лабораторна установка

Для визначення опору переміщенню серійного і удосконаленого сошника з притискною пластиною в лабораторних умовах використовували

грунтовий канал. Для визначення опору переміщення серійного удосконаленого сошника з притискною пластиною в лабораторних умовах ґрунтовий канал.

Ґрунтовий канал включає в себе візок 1 (рис. 3.1), що встановлений з можливістю переміщення на ковзанках по рейках 2 основи нерухокої стійки 3, кронштейн 4, який встановлений на порталі 5 з можливістю переміщення уздовж нього і в вертикальному з порталом 5 - за допомогою гвинтових пар 6 і 7.

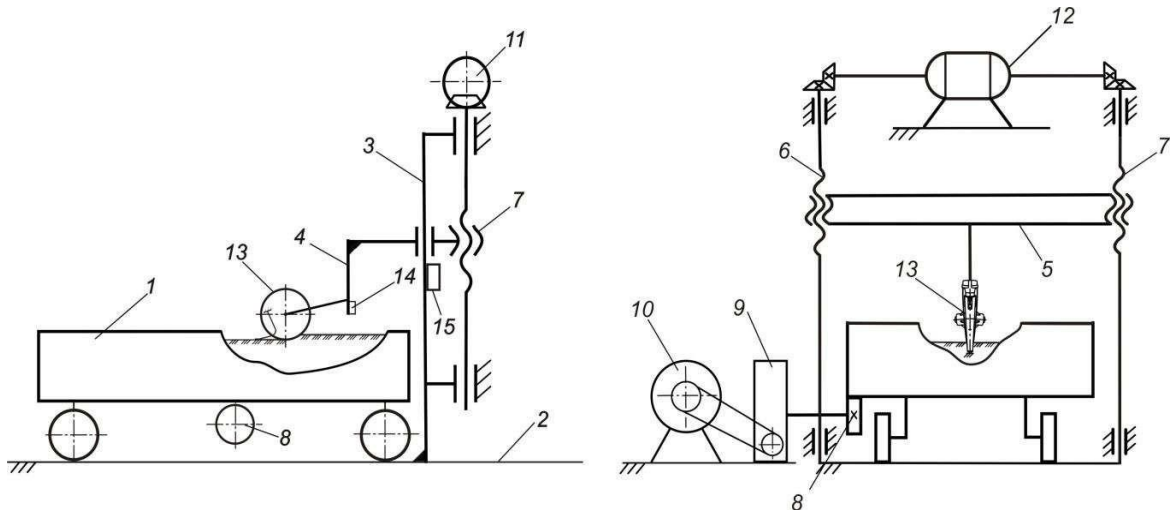


Рисунок - 3.1 - Схема експериментальної установки: 1 - візок; 2 - рейки; 3 - нерухома стійка; 4 - кронштейн; 5 - портал; 6, 7 - гвинтові пари; 8 - зубчато-рейкова передача; 9 - редуктор; 10 - електродвигун приводу візки; 11 - конічної передачі; 12 електродвигун приводу порталу; 13 - робочий орган; 14 - тензометричний міст; 15 - пульт управління

Привід візка здійснюється зубчато-рейковою передачею 8 від редуктора 9 і електродвигуна приводу візка 10. Привід порталу складається з конічної передачі 11 від електродвигуна 12. Робочий орган 13 прикріплюється до кронштейну 4. На рисунку 3.2 представлені експериментальні робочі органи сівалки.

На протилежній від робочого органу стороні кронштейна 4 встановлений реєстраційний датчик з робочими елементами, що дозволяють виробляти реєстрації діючих горизонтальних і вертикальних зусиль (рис. 3.3).



Рисунок - 3.2. Експериментальні робочі органи: *а* - серійний сошник; *б* - вдосконалений сошник, *в* - касета пластин

Управління грантовим каналом виробляли за допомогою розташованого на порталі 5 пульта управління 15 (див. рис. 3.1). Візок 1 наповнювали суглинковим ґрунтом.

Зміна висоти підвісу - глибини ходу - робочого органу здійснювали переміщенням порталу в вертикальному напрямку. Далі робочий орган переміщали в поперечному напрямку щодо візка.

Рух візка в обох напрямках, з можливістю ступеневої зміни швидкості, забезпечувалося за допомогою гідروприводу, що включає регулюючий гідродвигун оберտального дії.

Реєстраційний датчик являє собою потенціометричний тензорезистор з високим коефіцієнтом тензочутливості, наклеєний на пружний елемент - тензометричне кільце. Пружні деформації, що виникають при взаємодії робочого органу з ґрунтом, призводять до пропорційної зміни електроопору тензодатчика. В ході проведення лабораторних досліджень визначали вплив геометричних параметрів серійного, удосконаленого сошника і пластин на опір переміщенню.

Для реєстрації та обробки отриманих даних використовували вимірювальний комплекс МІС-018 з програмним забезпеченням, що підключається до реєстраційного датчику.

При дослідженні вищезазначених робочих органів визначали взаємозв'язок статичного тиску з опором переміщення.

Для досягнення мети експериментальних досліджень були поставлені

наступні завдання по визначенню:

- взаємозв'язку статичного тиску притискної пластини сошника на дно борозенки з опором переміщенню робочого органу;
- параметрів пружних елементів удосконаленого сошника;
- необхідного тиску, що створює оптимальну щільність скелета дна борозенки.

Досліди проводили на суглинкових ґрунтах. Методикою експериментально досліджень передбачено використання не менше 5 точок для опису графічної залежності з трьохкратною повторністю проведення дослідів в кожній точці.

Сутність досвіду полягає в здійсненні взаємодії серійного і вдосконаленого сошника, а також пластин з ґрунтом при глибині ходу дискового сошника, що дорівнює глибині посіву з обертальним рухом і утворенням борозен клиноподібної форми з плоским ущільненим дном і замір з фіксацією опору переміщення.

Для забезпечення реальних умов, максимально наближених до реальних, робочі органи - сошники і пластини - прикріплюються до кронштейну ґрунтового каналу через серійний підпружинений поводок зернової сівалки СЗ-3,6 (див. рис. 3.2 а, б і в).

3.4 Визначення параметрів пружних елементів

Сошники дискових сівалок регулюють за допомогою єдиного регулятора заглиблення і зміною величини стиснення пружин на натискних штангах. Притискна пластина забезпечує щільність контакту насіння з дном борозенки і змінання ґрунтових грудочок.

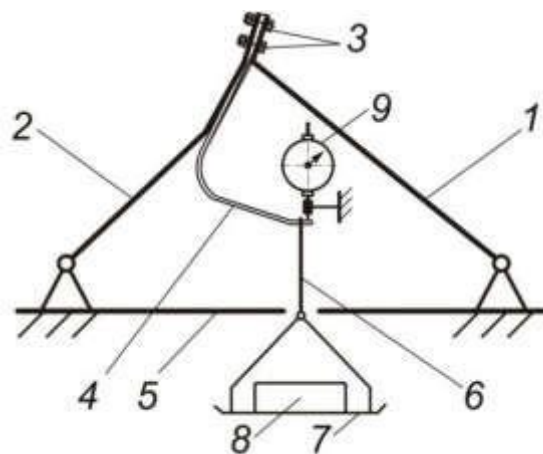
Для визначення пружних властивостей притискної пластини використовували наступне обладнання:

- установку для визначення деформацій консольної балки при плоскому вигині СМ-76;

- індикатор годинникового типу ІЧ10Р кл. 1 ГОСТ 577-68;
- набір вантажів масою 1, 2 і 5 кг.

Притискна пластина виконана по визначеним раніше геометричним розмірам з вуглецевої ресорно-пружинної сталі 65Г з термообробкою до 43 ... 46HRC.

Притискну пластину 4 закріплювали до штанги 1, 2 за допомогою болтів 3 (рис. 3.6, а). Штанги встановлювали нерухомо на горизонтальному брусі 5 лабораторного стенду. У проріз бруса пропускали нитку 6, прикріплену до середини притискного елемента пластини 4. До нитки 6 прив'язували чашу 7 з набором вантажів 8. Зміни прогину притискної пластини реєстрували індикатором годинного типу 9, закріпленим на кронштейні. Заміри прогину пластин виробляли за допомогою гир масою 1, 2 і 5 кг, які розміщені на чашу (рис. 3.3).



a

Рисунок - 3.3. До визначення жорсткості притискної пластини: а - схема експериментальної установки; б - проведення заміру прогину

Для визначення жорсткості циліндричної пружини, яка встановлюється на поводок серійної сівалки СЗ-3,6, використовували машину для статичного випробування гвинтових циліндричних пружин на розтяг, стиск і плоских пружин на двухопорний і консольний згин МП-100-2 з найбільшим створюваним навантаженням 1000 Н.

Пружина з зовнішнім діаметром $D_{\text{н}}$, внутрішнім діаметром $D_{\text{вн}}$, діаметром дроту d , кількістю витків n в і довжиною l_0 встановлювалася між опорами установки. На кінці пружини попередньо встановлювали вставки діаметром, дещо більшим діаметра пружини $D_{\text{н}}$, а всередину пружини - трубку завдовжки $0,7 l_0$ для фіксації і зручності виконання вимірів.

3.5 Програма польових досліджень

У програму польових випробувань входило:

- підготовка посівного агрегату МТЗ-1221 + СЗ-3,6, обладнаного вдосконаленими сошниками;
- підготовка робочої ділянки поля до проведення випробувань, визначення польової вологості ґрунту і продуктивної вологи в шарах: 0 ... 10, 10 ... 20, 20 ... 30 см;
- визначення твердості ґрунту в шарах: 0 ... 5, 5 ... 10, 10 ... 15 см;
- визначення агротехнічних показників роботи посівного агрегату: рівномірності глибини загортання насіння і динаміки появи сходів;
- визначення врожайності зерна з досвідчених посівів і проведення структурного аналізу.

Була проведена оцінка польових випробувань вдосконалених і серійних сошників зернової сівалки СЗ-3,6 шляхом порівняння показників (рис. 3.4).



Рисунок - 3.4. Удосконалені сошники зернової сівалки СЗ-3,6

3.6 Методика проведення польових досліджень

З метою перевірки результатів теоретичних і лабораторних досліджень з визначення якісних показників роботи вдосконалених сошників в порівнянні з серійними, були проведені польові випробування. Для проведення випробувань зернову сівалку СЗ-3,6 почергово обладнали вдосконаленими і серійними сошниками.

Динаміку появи сходів визначали з моменту їх появи на чотирьох дослідних майданчиках, розташованих по діагоналі дослідної ділянки і позначені кілочками (рисунок 3.5 а і б). З моменту появи сходів щоденно в одні і ті ж години підраховували кількість рослин на кожній ділянці з наростаючим підсумком до повної їх появи. Спостереження припинялися після того, як протягом двох-трьох днів кількість сходів на майданчиках залишалося незмінним.

Дані спостережень використовували для визначення відносної динаміки появи сходів (вираженої в відсотках), яку отримували шляхом ділення кількості сходів (в день підрахунку) до загальної кількості рослин на майданчику. Заотриманими даними будували графічні залежності.



а

б

Рисунок - 3.5. Спостереження динаміки появи сходів: *а* - накладання рамки на майданчик для підрахунку сходів; *б* - позначення майданчика кілочками допідрахунку сходів

Фактичну глибину загортання насіння визначали по етилованій частині рослин після появи 2 ... 3 листя в двох суміжних проходах сівалки на попередньо намічених рядках з розрахунком унеможливлення потрапляння в слід трактора за методом рендомізації (рис. 3.6) [43].

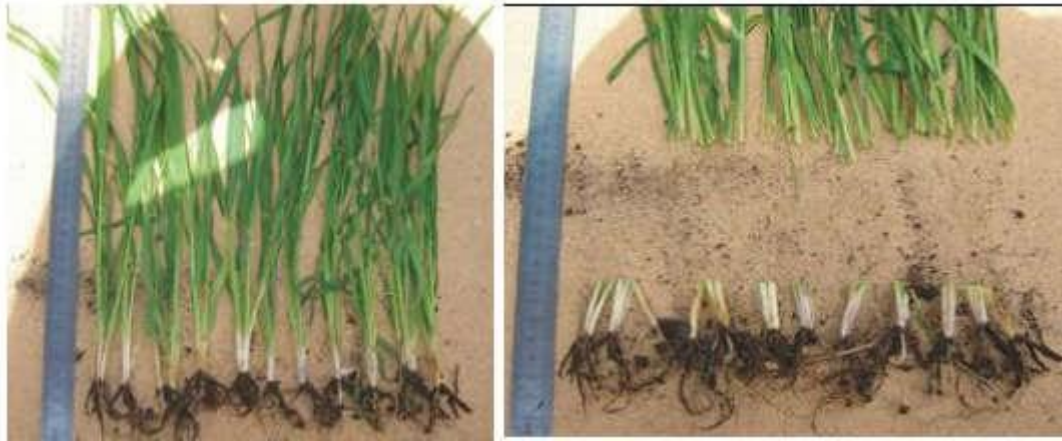


Рисунок - 3.6. Забір етилованої частини рослин

На ділянці з кількістю рослин не менше 100 штук зрізали наземну частину, а решту викопували. Після чого виконували виміри відстані від точки зростання насіння до місця зрізу рослини. Заміри проводили з триразовою повторністю.

Рівномірність розподілу рослин по площі визначали по сходам після повної їх появи і оцінювали накладанням прямокутної рамки на чотири рядка. На дослідній ділянці проводилося не менш чотирьох вимірів з трьохкратною повторністю.

Отримані дані щодо розподілу рослин по глибині і площі поля обробляли методами математичної статистики, на підставі яких були побудовані графічні залежності.

Після припинення появи сходів було визначено, що польова схожість насіння на майданчику в 1 м², засіяної вдосконаленими сошниками, склала 207 - 211 рослин. Польова схожість посівів серійних сошників склала в середньому 196 - 200 рослин.

Ефективність застосування сівалки, оснащеної вдосконаленими сошниками, оцінювалася врожайністю культури з одиниці площі.

Для підвищення достовірності отриманих результатів при врахуванні врожаю з дослідної ділянки використовували суцільний метод.

Отримані результати свідчать про підвищення схожості до 4 % і врожайності зерна до 10 %.

РОЗДІЛ 4

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Результати дослідження за визначенням опору переміщенню сошника від глибини ходу і швидкості руху

Дослідження проводилися з метою визначення залежності опору переміщенню серійного і вдосконаленого сошників від зміни глибини ходу h і швидкості руху v .

Глибину ходу сошників прирівнювали до глибини загортання насіння, в діапазоні $h = 0,03 \dots 0,08$ м і змінювалася з інтервалом $0,005$ м, а швидкості - в діапазоні $v = 2 \dots 4$ м / с з інтервалом $0,4$ м / с.

На кожній глибині при встановленій швидкості визначався опір переміщення сошника. Оскільки максимальна швидкість переміщення візка ґрунтового каналу не перевищує $0,5$ м/с, опір переміщенню сошників при швидкостях вище зазначеної визначали методом екстраполяції з урахуванням того, що, згідно з [49], збільшення питомого опору сівалок при збільшенні швидкості на 1 км/год становить $1,5 \dots 3$ %. На підставі проведених досліджень побудовані графічні залежності зміни тягового опору, представлені на рисунках 4.1 і 4.2.

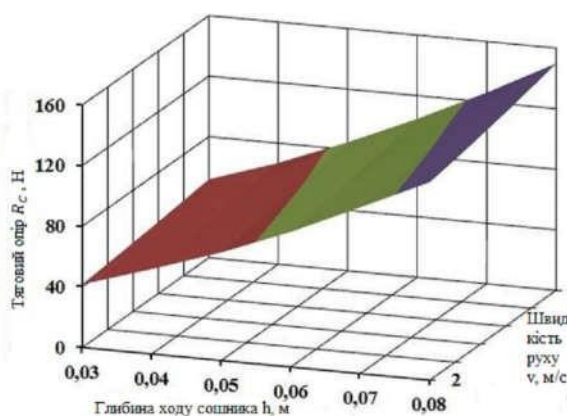


Рисунок - 4.1. Експериментальна залежність тягового опору серійного сошника

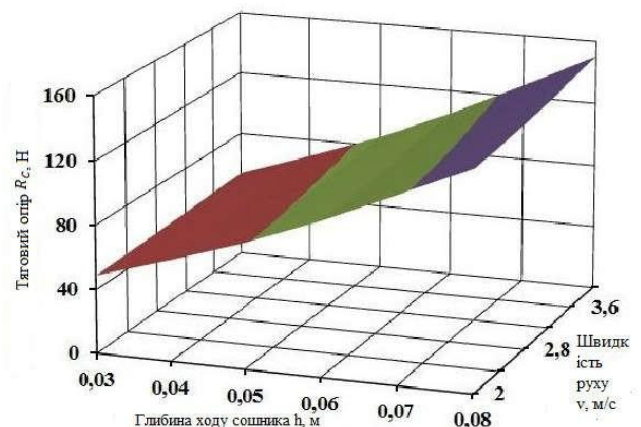


Рисунок - 4.2. Експериментальна залежність тягового опору вдосконаленого сошника

Слід зазначити, що відповідно до агротехнічних вимог в посушливих районах з нестачею в ґрунті вологи рекомендується проводити посіви на глибину 6-8 см. При цьому гарна якість утворення борозни відбувається при швидкості до 2,5 м/с, а з подальшому підвищенням швидкості якість утворення погіршується.

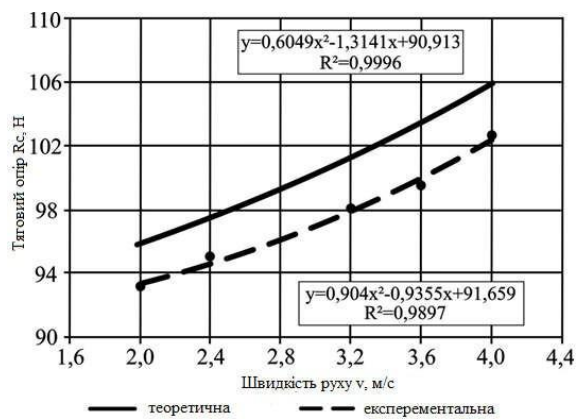


Рисунок - 4.3. Залежність тягового опору серійного сошника від швидкості руху ($h = 0,06$ м)

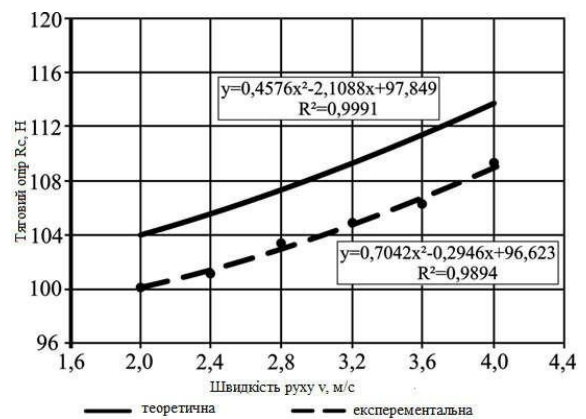


Рисунок - 4.4. Залежність опору вдосконаленого сошника від швидкості руху ($h = 0,06$ м)

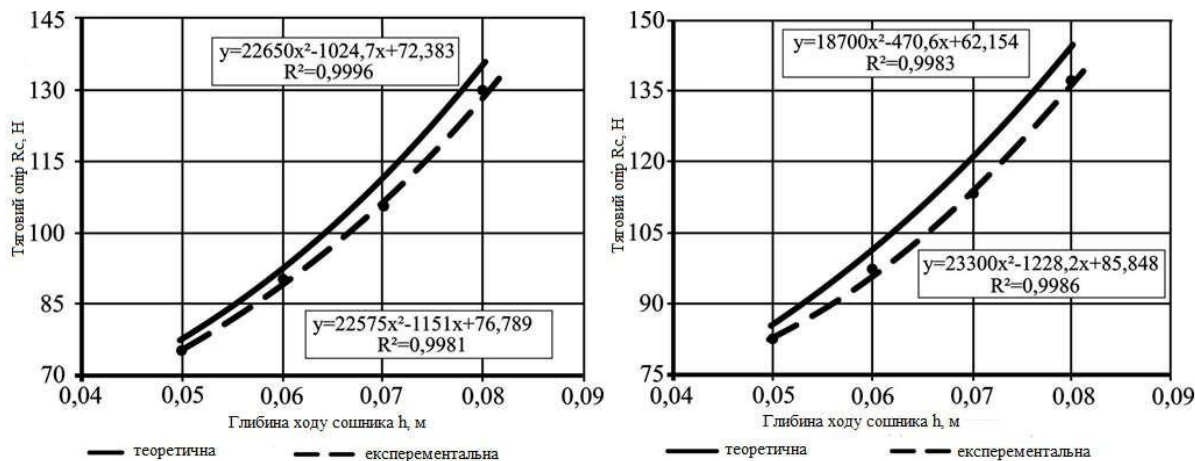


Рис. 4.5. Залежність тягового опору серійного, та вдосконаленого сошника від глибини ходу сошника ($v = 2,0 \text{ м / с}$)

Полеві випробування сошників проводилися при значенні глибини за-гортання насіння 6 см і швидкості руху до 2,5 м / с, для зазначених діапазонів побудовані графічні залежності теоретичних і експериментальних значень тягового опору серійного і вдосконаленого сошників (рис.4.3-4.5).

В результаті обробки даних лабораторних досліджень були отримані математичні вирази, що відображають вплив глибини ходу і швидкості руху сошників на опір переміщенню:

Серійний сошник:

$$R_{cc} = 2005,27h + 9,34v - 49,77,$$

Вдосконалений сошник:

$$R_{cy} = 1966,98h + 7,8v - 36,77.$$

Встановлено, що для серійного сошника зі збільшенням глибини ходу згідно агротехнічним вимогам, щодо до посіву від 0,03 до 0,08 м відбувається збільшення опору переміщення на 31,9 %, тоді як збільшення швидкості з 2 до 4 м/с приводить до підвищення опору переміщення сошника лише на 5,2 %. Аналогічна ситуація простежується і для вдосконаленого сошника, що відповідає підвищенню опору переміщення на 35,8 % і 5,5 % відповідно.

Опір переміщення вдосконаленого сошника в середньому на 3,9 %

більше в порівнянні з серійним сошником і знаходиться в межі допустимої помилки. Дану обставину можна пояснити тим, що наявність притискної пластини на вдосконаленому сошнику створює додатковий опір переміщення, однак рухається слідом за сошником пластина переміщається по попередньо утвореній плоскими дисками борозні і його значення залишається незмінним при зміні глибини.

Аналогічна тенденція простежується і зі зміною швидкості руху сошника.

4.2 Результати досліджень пружних властивостей елементів удосконаленого сошника

Одним з основних агротехнічних вимог технологічної операції посіву є забезпечення заданої глибини загортання насіння, яка визначається глибиною ходу сошників. Сошники дискових сівалок регулюються за допомогою єдиного регулятора заглиблення і зміною величини стиснення пружин на натиск-них штангах. З метою підвищення ефективності сівалки за рахунок рівномірності розподілу і закладання насіння по глибині в конструкцію двухдискового сошника внесена притискна пластина. Вона забезпечує притискання насіння на дно борозенки і зминає ґрунтові грудочки.

Зусилля стискання визначається жорсткістю притискної пластини, виконаної у вигляді кривої консольно закріпленої до корпусу сошника балки.

Лабораторними дослідженнями визначалася жорсткість пружних елементів удосконаленого сошника.

Результати розрахунку деформації циліндричної пружини представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Результати досліджень пружних властивостей циліндричної пружини повідця сошника

Параметри пружини						Стискання пружини				
D_n , мм	$D_{вн}$, мм	D_c , мм	d , мм	l_0 , мм	n	F , Н	0	100	200	300
36,5	26,5	31,5	5,0	420	42	$\lambda_э$, мм	0	22	44	66
						λ_T , мм	0	21	42	63
						l , мм	0	398	375	356

В результаті проведених випробувань прогин притискної пластини склав 1,2 мм при навантаженні чаші гирьом вагою 1 кг, 2,4 мм при 2 кг і 6,0 мм при 5 кг відповідно.

За отриманими експериментальними даними побудовано залежності зусилля стиснення F циліндричної пружини від величини деформації (рис. 4.6) і величини деформації притискної пластини від прикладеного навантаження F (рис. 4.7).

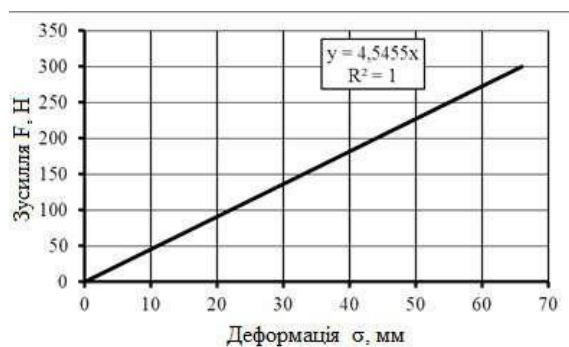


Рисунок - 4.6. Залежність зусилля стиснення циліндричної пружини від деформації

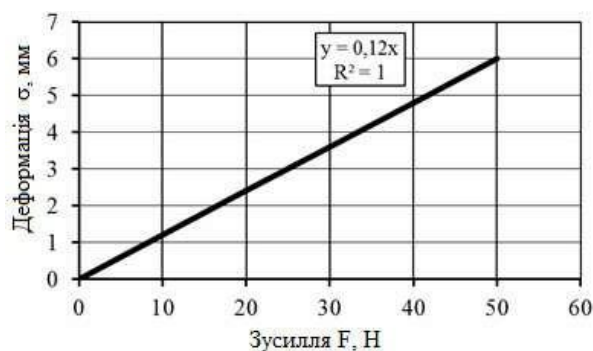


Рисунок - 4.7. Залежність величини деформації притискної пластини від прикладеного навантаження

Проведені дослідження дозволили встановити жорсткість пружних елементів вдосконаленого сошника: циліндричної пружини $C = 4500 \dots 4600$ Н/м і притискної пластини $C = 7500 \dots 7600$ Н/м. Ці ланки викликають значний вплив на динаміку сошника.

4.3 Результати дослідження тиску на дно борозенки

Лабораторними дослідженнями визначався приріст щільності дна борозенки, з притискною пластиною вдосконаленого сошника в залежності від прикладеного тиску. Дослідження проводили при вологості ґрунту 18 %. Експериментальні дані, отримані при проведенні дослідів, що оброблялися методами математичної статистики за відомими формулами. Результати розрахунків представлені в таблицях 4.2, 4.3 і 4.4.

Таблиця 4.2 - Маса скелета зразка

Тиск p , МПа	Маса скелета зразка ущільненого m_y і пухкого m_p ґрунту (в чисельнику m_y , в знаменнику m_p)			Об'єм V , см ³
	номер дослідів			
	1	2	3	
0,0115	127,35/116,60	128,80/116,40	130,70/117,05	100
0,0230	136,40/117,20	135,90/116,50	137,90/117,95	100
0,0346	143,60/116,65	145,50/117,50	142,40/117,60	100
0,0461	148,05/116,75	148,20/117,45	147,90/117,65	100
0,0576	150,10/116,70	153,50/117,85	149,65/117,20	100

Таблиця 4.3 – Приріст щільності від впливу хвостовика притискної пластини

Номер досвіду	Тиск p , МПа	Деформація дна бороздки Δh , мм	Приріст щільності $\Delta \rho$, г/см ³
1	2	3	4
1	0,0115	3,00	0,098
2		3,30	0,113
3		3,50	0,118
середнє	0,0115	3,27	0,109
4	0,0230	4,80	0,178
5		4,80	0,179
6		5,20	0,186
середнє	0,0230	4,93	0,181
7	0,0346	6,70	0,256
8		6,80	0,260
9		6,50	0,240
середнє	0,0346	6,67	0,252
10	0,0461	7,90	0,285
11		7,80	0,279
12		7,70	0,276
середнє	0,0461	7,80	0,280
13	0,0576	8,40	0,304
14		8,00	0,325
15		8,20	0,296

За результатами математичної обробки дослідних даних коефіцієнт варіації склав менше 10 %. Це вказує на незначний ступінь розсіювання даних, а сукупність даних є однорідною. Помилка проведених дослідів склала менше 5 %.

За результатами лабораторних досліджень була побудована графічна залежність деформації дна борозенки від прикладеного тиску (рис. 4.8).

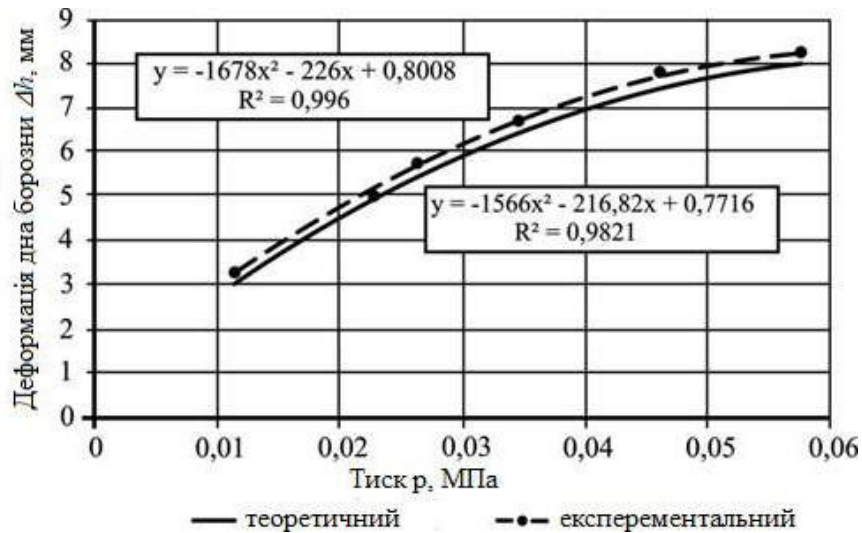


Рисунок - 4.8. Залежність деформації дна борозенки від прикладеного тиску

Відповідно до агротехнічних вимог посіву зернових культур, щільність дна борозенки повинна становити не менше $1,300 \text{ г/см}^3$, при цьому насіння повинні закриватися зверху пухким ґрунтом з щільністю до $1,100 \text{ г/см}^3$. При прирості щільності до $0,252 \text{ г/см}^3$, відповідно щільність дна борозенки складе $1,352 \text{ г/см}^3$. З графічної залежності, випливає, що оптимальним розміром деформації дна борозенки, відповідно до агротехнічних вимог, що пред'являються до посіву, при глибині загортання насіння 6-8 см, є величина тиску, що дорівнює $0,0346 \text{ МПа}$.

На підставі досліджень за визначенням деформації дна борозенки побудовані теоретична та експериментальна залежність приросту щільності дна борозенки (рис. 4.9). При цьому теоретичне значення приросту щільності дна борозенки визначалося в попередньому розділі.

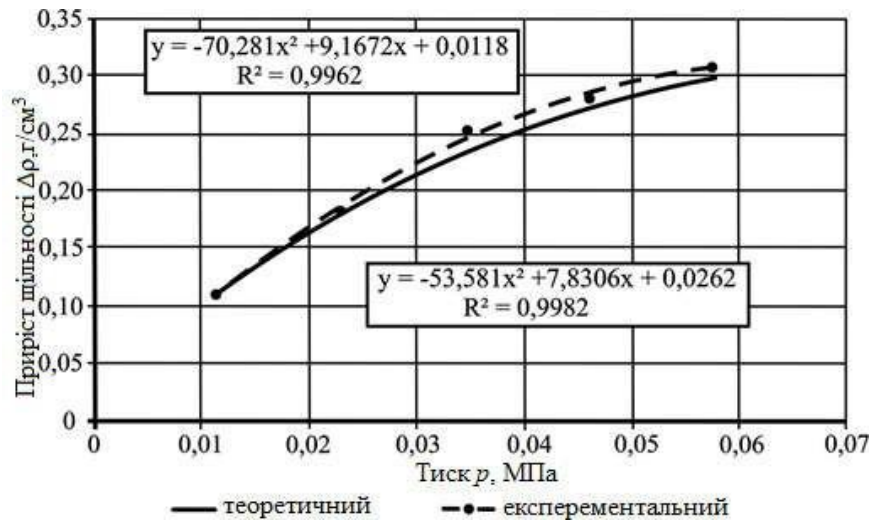


Рис. 4.9. Залежність приросту щільності дна борозенки від прикладеного тиску

За результатами визначення щільності ґрунту на дні борозенки відпо до методики, викладеної в розділі 3, побудована графічна залежність щільності дна борозенки від глибини ходу сошника. На малюнку 4.10 представлені теоретична і експериментальна залежності щільності дна борозенки від глибини ходу сошника.

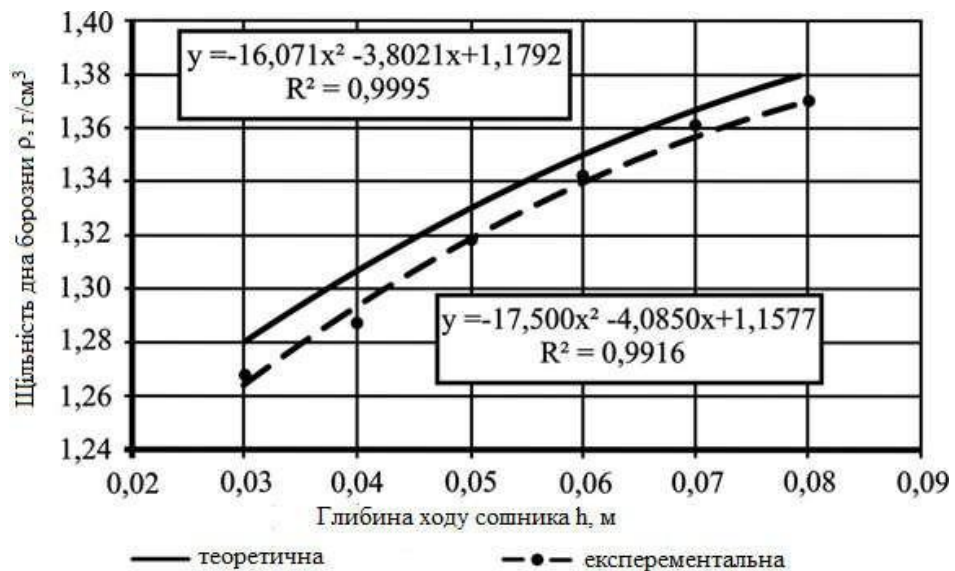


Рис. 4.10. Залежність щільності дна борозенки від глибини ходу сошника

Характеристика умов проведення експерименту по визначенню твердості і щільності ґрунту представлена в таблиці

Таблиця 4.5 – Результати математичної обробки дослідних даних

Тиск р, МПа	Середнє арифме- тичне значення приросту щіль- ності $\Delta\rho$, г/см ³	Похибка дослідую δi	$(\delta i)^2$	Середнє арифме- тичне (похибка всіх вимірів) m	Похибка кож- ного виміру ζ	Істинне значення приросту щіль- ності * Δ рист., г/см ³	Коефіцієнт варіації v , %	Помилка прове- деного дослідую Δ , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0115	0,109	0,01167 0,00333 0,00833	0,000140 0,000010 0,000070	0,0061	0,0105	0,1151 0,1029	9,63	4,89
0,0230	0,181	0,00300 0,00100 0,00400	0,000009 0,000001 0,000016	0,0021	0,0036	0,1801 0,1759	2,02	1,18
0,0346	0,252	0,00200 0,01300 0,01600	0,000004 0,000169 0,000256	0,0081	0,014	0,2501 0,2339	5,78	3,35
0,0461	0,280	0,00500 0,00100 0,00400	0,000025 0,000001 0,000016	0,0027	0,0046	0,2827 0,2773	1,64	0,96
0,0576	0,308	0,00400 0,01700 0,01200	0,000016 0,000289 0,000144	0,0087	0,0150	0,3167 0,2993	4,87	2,82

* Примітка: в графі 7 в чисельнику і знаменнику представлені максимальне і мінімальне значення відповідно

4.4. Результати польових випробувань зернової сівалки СЗ-3,6 з удосконаленим сошником

Польові дослідження зернової сівалки СЗ-3,6, обладнаної удосконаленими сошниками, проводилися на дослідному полі.

Норму висіву насіння визначали за масою двох наважок по 500 насіння кожна. Потім шляхом складання цих двох наважок отримували масу 1000 насінин, яка в середньому становила 43,57 г. Для визначення вагової норми висіву масу 1000 насінин множили на рекомендовану кількісну норму висіву - 2,8 млн. Схожих насінин на гектар, а отримане твір ділили на посівну придатність. Таким чином була визначена вагова норма - 130 кг / га.



Рисунок. 4.11. Посівний агрегат
МТЗ-1221+ СЗ-3,6



Рисунок 4.12 – Сошник для
рядкового посіву

При проведенні дослідження динаміки сходів і польової схожості насіння ярої пшениці виявлено, що насіння закладені вдосконаленим сошником, при однакових кліматично-польових умовах дають появу сходів на два дні раніше, ніж у насіння, засіяних серійним сошником. При цьому польова схожість насіння, загортутих в ґрунт вдосконаленим сошником, досягає свого максимального значення через 6 днів і становить в середньому 74,38 %, польова схожість насіння, загортутих серійним сошником становить в середньому 70,35 % і досягається за 9 днів при нормі висіву 130 кг/га або 2,8 млн. шт. насіння на гектар.

Дослідження глибини загорання насіння загорнутих вдосконаленими сошниками склала 4,5 ... 7,5 см, в той час, як насіння, загорнутих серійними сошниками розташовувалися на глибині 3,3 ... 7,9 см. При цьому частота розподілу насіння в інтервалі агротехнічного допуску 6 ± 1 см склала для 89 % для вдосконаленого сошника і 76 % для серійного сошника.

Таким чином, отримані дані дозволяють зробити висновок про більш рівномірне закладання насіння по глибині вдосконаленими сошниками. Досягається за рахунок притискання насіння до дна борозенки хвостовиком притискної пластини. За рахунок підвищення щільності дна борозенки забезпечується приплив вологи з нижніх шарів ґрунту до насіння, що покращує умови проростання насіння, підвищується дружність появи сходів сприятливо позначається на подальшому розвитку рослин (рис. 4.13 і 4.14).

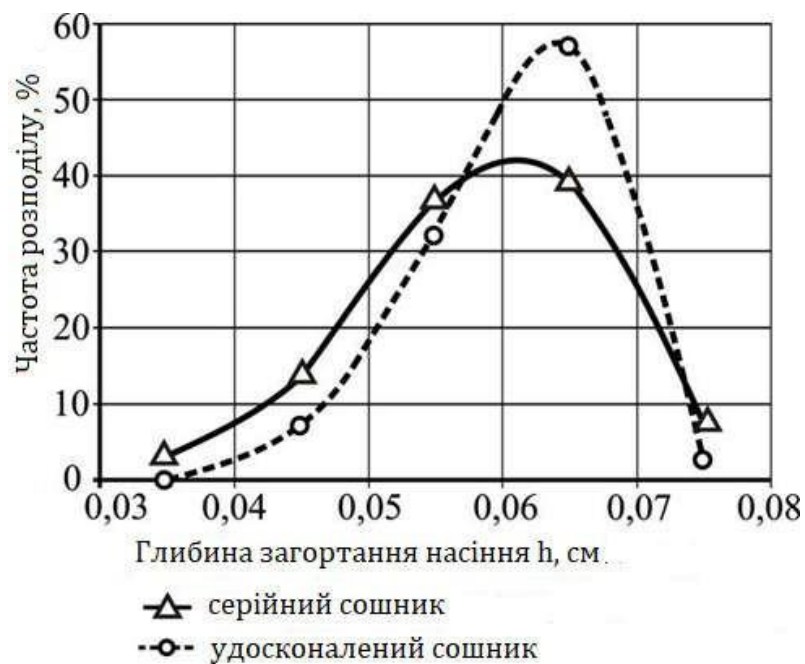


Рисунок - 4.13. Рівномірність закладення насіння по глибині

Ефективність застосування зернової сівалки з удосконаленими сошниками оцінювали за результатами структури врожаю і біометричних параметрів ярої пшениці в порівнянні з серійною сівалкою.

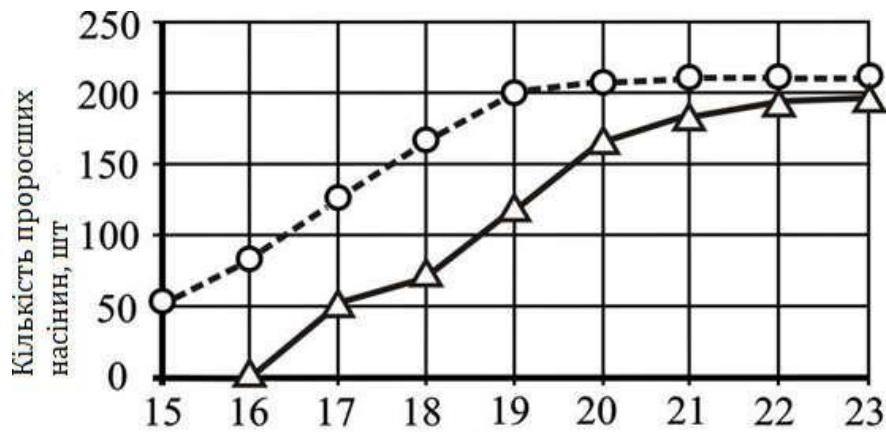


Рисунок - 4.14. Динаміка сходів насіння ярої пшениці

Висновки

На основі проведених експериментальних досліджень можна зробити наступні висновки:

1. В результаті проведених випробувань прогин притискної пластини склав 1,2 мм при діючому зусиллі 9,8 Н. Жорсткість циліндричної пружини і притискної пластини вдосконаленого сошника склали 4500 ... 4600 Н/м і 7500 ... 7600 Н/м відповідно.

2. Відповідно до агротехнічних вимог до посіву, оптимальна щільність ґрунту дна борозенки повинна складати 1,1 ... 1,3 г/см³, а щільність ґрунту, підготовленої під посів - 0,9 ... 1,1 г/см³. Необхідна щільність скелета ґрунту дна борозенки досягається при величині тиску притискною пластиною, яка дорівнює 0,0346 МПа, при цьому приріст щільності становить 0,252 г/см³.

3. В ході лабораторних досліджень визначено вплив глибини ходу сошника і швидкості його руху на опір переміщенню. Установка притискної пластини призводить до збільшення опору переміщенню на 3,9 % в порівнянні з серійним сошником і знаходиться в межі допустимої помилки дослідів. Встановлено, що зі зміною глибини ходу сошника в інтервалі від 0,03 до 0,08 м відбувається збільшення опору переміщенню, як для серійного, так і для вдосконаленого сошника на 31,9 % і 35,8 % відповідно.

4. Слід також зазначити, що збільшення глибини не змінює опір переміщенню притискної пластини, так як, переміщення притискної пластини відбувається по попередньо утвореній плоскими дисками борозні.

5. За результатами обробки дослідних даних отримані математичні вирази, що відображають вплив двох факторів (глибина h , м; швидкість v , м / с) на опір переміщенню сошників: серійного $R_{cc} = 2005,27h + 9,34v - 49,77$; вдосконаленого $R_{cy} = 1966,98h + 7,8v - 36,77$.

6. Порівняльні польові дослідження показали, що при посіві експериментальною сівалкою, оснащеною вдосконаленими сошниками, сходи з'являються на 2 дні раніше, ніж на посівах серійною сівалкою. Насіння висіяне вдосконаленим сошником мають польову схожість 74,38 % проти 70,35% польової схожості насіння, загорнутих серійним сошником.

7. До 89 % загорнутих вдосконаленим сошником насіння розміщуються в інтервалі глибини посіву 0,05 ... 0,07 м, проти 76 % насіння, загорнутих серійним сошником, що вказує на підвищення рівномірності укладки насіння по глибині загортання, що в результаті дає збільшення врожаю 1,3 ц/га

Таблица 4.6 – Структура врожаю та біометричні параметри ярої пшениці, посіяної зерновою сівалкою СЗ-3,6 з удосконаленими сошниками

Варіант	Маса снопа, г/м ²	Кількість, шт./м ²			Кущистість		Маса 1000 насінин, грам	К-сть насінин в колоску, шт.	Біологічна урожайність, г/м ²	Висота рослин, см	Довжина колоса, см
		рослин	стебел		загальна	продуктивна					
			продуктивних, шт.	непродуктивних, шт.							
I	301	186	320	40	1,93	1,72	34,5	13,30	146,832	57,2	7,10
II	281	172	323	59	2,22	1,88	33,0	13,70	146,028	56,2	6,60
III	294	180	301	45	1,92	1,67	34,9	14,00	147,068	57,5	6,80
IV	305	190	310	52	1,91	1,63	35,3	13,50	147,730	58,6	7,30
Σ _{ср}	295	182	314	58	1,99	1,73	34,4	13,62	146,915	57,4	6,95

Таблица 4.7 – Структура урожаю і біометричні параметри ярої пшениці, посіяної серійною зерновою сіялкою СЗ-3,6

Варіант	Маса снопа, г/м ²	Кількість, шт./м ²			Кущистість		Маса 1000 насінин, грам	К-ть насінин в колосе, шт.	Біологічна урожайність, г/м ²	Висота рослин, см	Довжина колоса, см
		рослин	стеблей		загальна	продуктивна					
			продуктивних, шт.	непродуктивних, шт.							
I	255	169	310	43	2,09	1,83	32,5	13,2	132,990	56,0	6,3
II	261	179	318	63	2,13	1,77	33,8	12,4	133,280	56,7	6,2
III	243	165	307	48	2,15	1,86	33,1	13,1	133,118	56,5	6,0
IV	249	157	299	58	2,27	1,90	34,2	13,0	132,935	55,8	6,5
Σ _{ср}	258	143	238	53	2,16	1,84	33,4	12,93	133,080	56,3	6,25

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Загальні відомості

Відповідальність за охорону праці покладається на керівника господарства.

Обов'язки керівника - забезпечити здоров'я і безпечні умови праці, встановлені законодавством. Досягається це шляхом застосування сучасних засобів безпеки і забезпечення санітарно-гігієнічних умов, що попереджують професійні захворювання.

Посада *спеціаліста з охорони праці* не передбачена, його обов'язки виконує голова правління господарства.

Основні обов'язки: організація роботи по створенню здорових та безпечних умов праці, попередження травматизму, профзахворювань та пожеж; укладанні колективного договору; участь в роботі комісії по прийому в експлуатацію будівельних та реконструйованих виробничих будівель, а також техніки з ремонту, періодичних технічних оглядах машин та обладнання; контроль за складанням заявок на індивідуальні засоби захисту; організація навчання, перевірки знань працюючих; своєчасне та якісне проведення інструктажів на робочих місцях, медоглядів; обладнання кабінетів та кутків по техніці безпеки; складання звітів по охороні праці по відповідним формам і у встановленні строки.

Головні спеціалісти забезпечують здоров'я і безпечні умови в підрозділах господарства, дотримання правил і норм по охороні праці; приймають участь в розробці і виконанні заходів по покращенню умов і безпеки праці.

В основні обов'язки цієї категорії керівників входять: розробка і здійснення заходів по охороні праці; розробка інструкцій і комплексних планів по охороні праці; впровадження прогресивної технології; механізація і автоматизація процесів; заборона робіт на ділянках з наявністю погрози здоров'ю працюючих; організацію випробувань, реєстрацію котельних

установок, ємностей працюючих під тиском, і вантажопідємних машин; оформлення заявок на засоби індивідуального захисту, спецодяг, запобіжні пристосування; складання і затвердження маршрутів пересування техніки з однієї ділянки на іншу; участь в організації і проведення Дня охорони праці; облік і аналіз виробничого травматизму, участь в розслідуванні нещасних випадків. Вони забезпечують здорові і безпечні умови праці на робочих місцях, дотримання правил і норм по охороні праці, займаються проведенням інструктажу на робочому місці, веденням журналу обліку інструменту, контролюють стан машин і обладнання, блокуючих пристроїв. В їх компетенції входить проведення дня охорони праці.

5.2. Стан охорони праці в господарстві

Організація робіт з охорони праці

Не проводяться навчання робітників, службовців.

Несвоєчасно по встановленим формам складаються заявки на засоби індивідуального захисту, не контролюється видача спецодягу, спецвзуття, миючих і знезаражуючих засобів.

При тимчасовій передачі машини іншому механізатору не оформлюють відповідні розпорядження, допускають перехід робітників на інший вид робіт чи іншу машину без проведення інструктажу по охороні праці.

Забезпечення безпеки будівель та споруд

Огляд території, будівель та споруд показав, що присутні наступні відхилення:

- відсутній блискавкозахист приміщень;
- поточний ремонт будівель і споруд проводиться з порушенням встановлених строків.

Забезпечення безпеки машин і обладнання

Допускаються до експлуатації машини зі знятими захисними кожухами, зовнішніми захисними каркасами, несправними приладами системи контролю, сигналізації, освітлення.

Відсутні інструменти і обладнання спеціального призначення які дозволяють підвищити безпеку і знизити трудомісткість при ремонті техніки та приладдя.

5.3. Аналіз виробничого травматизму і захворюваності

Аналіз проводимо статистичним методом.

Статистичний метод аналізу виробничого травматизму на підприємствах сільського господарства призначений для визначення кількісних показників, які характеризують загальний рівень виробничого травматизму. (непрацездатності).

Показник частоти травм (k_v) характеризує кількість травм, що припадає на 1000 працюючих за певний період:

$$k_v = \frac{1000N}{P} \quad (5.1)$$

де: N – кількість нещасних випадків (захворювань) за аналізований період;

P – облікове число працюючих, чол.;

Показник тяжкості травматизму (k_m) характеризує загальну кількість травм, що виникли протягом звітнього періоду. Він показує скільки днів втрати непрацездатності в середньому припадає на одну травму:

$$k_m = \frac{D}{N} \quad (5.2)$$

де: D – число днів непрацездатності від нещасних випадків (захворювань);

Показник втрат (k_n) характеризується кількістю днів непрацездатності, що припадає на 1000 працюючих за звітний період.

$$k_n = k_v \cdot k_m \quad (5.3)$$

Результати розрахунків зазначених показників наведені в табл. 5.1 і 5.2.

Таблиця 5.1

Показники виробничого травматизму

Показники	2016	2017	2018	2019	2020
Облікове число працюючих, чол.	22	18	19	16	16
Кількість нещасних випадків, шт.	2	1	-	3	2

Число днів непрацездатності, днів.	38	27	-	41	52
Коефіцієнт частоти, н.вип./1000 чол.	90	55,56	-	187,5	125
Коефіцієнт тяжкості, днів/н.вип.	19	27	-	13,67	26
Коефіцієнт небезпеки, днів/1000 чол.	1710	1500,1	-	2563,1	3250

Таблиця 5.2

Показники захворюваності

Показники	2016	2017	2018	2019	2020
Облікове число працюючих, чол.	22	18	19	16	16
Кількість захворювань, шт.	7	9	10	14	11
Число днів непрацездатності, днів.	26	38	32	21	25
Коефіцієнт частоти, н. вип./1000 чол.	318,18	500	526,31	875	687,5
Коефіцієнт тяжкості, днів/ н. вип.	3,71	4,22	3,2	1,5	2,27
Коефіцієнт небезпеки, днів/1000 чол.	1180,4	2110	1684,2	1312,5	1560,6

З табл. 5.1., 5.2. видно, що положення із травматизмом і захворюваністю незадовільне. Хоча вага травматизму й захворюваності знижується, однак, їхня тяжкість, небезпека й втрати зростають, особливо по захворюваннях.

Причинами нещасних випадків є порушення правил ТБ, це: відсутність надійної фіксації піднятої сільськогосподарської машини, проведення обслуговуючих операцій на працюючому агрегаті, робота несправним інструментом, порушення форми одягу.

Основними видами захворювань є простудні захворювання, найбільша кількість яких відзначається в осінньо-зимовий період. Причинами, що викликають простудні захворювання, є: підвищена рухливість повітря на робочих місцях, нестача теплого спецодягу, ремонтні роботи проводяться на відкритому повітрі поза приміщеннями.

5.4. Заходи з покращення охорони праці

Специфічною особливістю машин та знарядь, що використовуються на відміну від промисловості є те, що вони працюють у полі і на багатьох з них робочі органи не захищені від стороннього втручання. Тому при експлуатації агрегатів у сільському господарстві безпека праці має особливе значення.

Чітке виконання приведених нижче вимог безпеки праці обов'язкове для всіх мобільних енергетичних засобів. До керування агрегатом допускаються тільки механізатори, що пройшли спеціальне навчання і не молодше 18 років.

З метою підвищення безпеки при пуску енергетичного засобу пропонуємо оснастити його пристроєм (рис. 5.1), що блокує пуск двигуна при увімкненій передачі.

Пристрій для блокування запуску двигуна має фігурну панель 1 із закріпленими в ній упорами 2 і прикріпленими до її корпусу ізолюваними електропроводами 3. Панель кріпиться гвинтами 4 над кришкою коробки передач з регулюванням по висоті. Всередині панелі переміщується важіль перемикачання передач 5 (цьому сприяють вибрані всередині панелі пази по траєкторії руху важеля). У важіль 5 вмонтовані: контактний вимикач, що має пружину 6, контакти фіксаторів 7, рухома вісь 8, фіксуючі гайки 10, контактні кулі 11, ізоляційного стакану 12, контактна пружина 13, прокладка ізоляційна 14, гайки 15, що регулюють положення панелі по висоті над кришкою коробки передач.

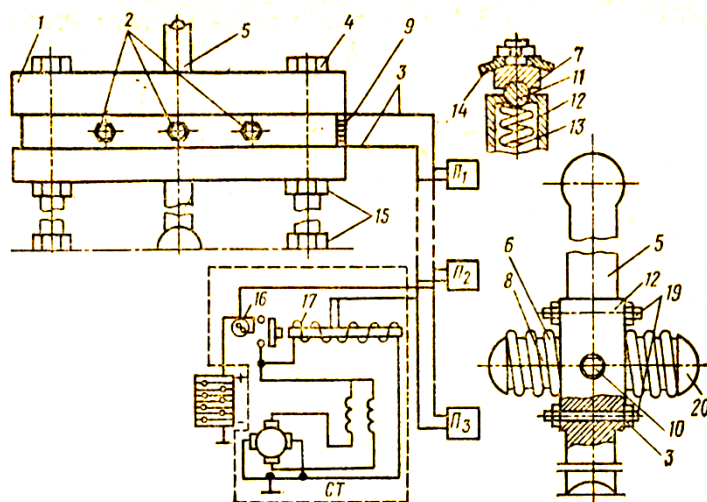


Рис. 5.1. Пристрій блокування пуску двигуна при увімкненій передачі

Якщо запуск основного двигуна здійснюється від пускового, то пристрій підключається в первинну обмотку магнето, а якщо запуск основного двигуна здійснюється від стартера, то пристрій підключається до системи електрозапуску, що містить ключ 16 стартера, обмотку 17 тягового реле. Контактний вимикач кріпиться у важелі перемикачів передач за допомогою корпусу 18, який складається з лівої і правої частин, за допомогою кріпильних гвинтів 19. Рухомі вісі контактів вимикача мають упорні головки 20. Перед пуском двигуна при розташуванні важеля перемикачів передач в нейтральному положенні його контактний переривач не торкається упорними головками 20 упорів 2 і займає положення Π_1 . Ланцюг живлення первинної обмотки магнето або стягуючої обмотки 17 тягового реле електростартера замкнуті, тому при натисканні кнопки «пуск» або увімкненні ключа запуску двигун запускається. При увімкненій передачі важіль 5 перемикача передач займає відповідне положення і при повному його увімкненні (до фіксації положення фіксатором) переривач своєю упорною голівкою 20 впирається в один з нерухомих упорів 2; в результаті стиску пружин 6 (зі сторони упора) вісь 8 переміститься, а разом з нею переміститься вліво або вправо і ізоляційний стакан 12 з контактними пружинами 13 і кулями 11. Контактний переривач займає положення Π_2 і Π_3 і розірве ланцюг живлення вказаних обмоток магнето або електростартера. Тому запуск двигуна буде неможливий до тих пір, поки важіль перемикачів передач 5 не займе нейтральне положення. А елементи контактного перемикача під дією стиснутої і розтягнутої пружини не займуть положення Π_1 .

В даному розділі приведена організація праці в господарстві, виконано аналіз виробничого травматизму і захворюваності.

Запропоновано відповідні заходи з метою покращення охорони праці на підприємстві: організаційні, технічні, санітарно-гігієнічні, психофізичні, пожежної безпеки.

РОЗДІЛ 6

ТЕХНІКО - ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЕКТУ

Розрахунки по техніко-економічних показниках необхідні для порівняння еталонних і проектних результатів, щоб визначити термін окупності модернізованої машини та оцінити економічний ефект, що очікується від її впровадження. Два виготовлених висівних апарата встановлювались на експериментальній сівалці. Результати проведених випробувань показали, що в порівнянні з рядовим висівом точний розподіл насіння при нормі висіву один млн.шт./га забезпечив приріст врожаю зерна на 5,3 ц/га. Економічний ефект від впровадження в експлуатацію нової пневматичної сівалки для точного висіву зернових колосових культур визначався в порівнянні з серійною рядовою сівалкою СЗ-3,6.

Таблиця 6.1

Вихідні дані до техніко-економічних розрахунків.

№	Показник	Розмірність	Технологічна машина	
			серійна	модернізована
1	Річний обсяг роботи	га	100	100
2	Витрати ПММ	кг/га	3,4	3,4
3	Вартість:	грн.		
	- трактора		400000	400000
	- сівалки		160000	165000
	- всього		560000	565000
4	Кількість обслуговуючого персоналу	чол.	1	1

У відповідності з виданим на дипломний проект завданням:

Кількість нормо-годин у обсязі робіт:

Базовий

Проект

$$K_{\text{НГ}} = \frac{W_{\text{СЕЗ}}}{W_{\text{ГОД}}} = \frac{100}{3,4} = 29,41 \text{ год.} \quad K_{\text{НГ}} = \frac{W_{\text{СЕЗ}}}{W_{\text{ГОД}}} = \frac{100}{3,4} = 29,41 \text{ год.} \quad (6.1)$$

Витрати праці:

Базовий

Проект

$$V_{\Pi} = K_{\text{НГ}} \cdot n = 29,41 \cdot 1 = 29,41 \text{ год.} \quad V_{\Pi} = K_{\text{НГ}} \cdot n = 29,41 \cdot 1 = 29,41 \text{ год.} \quad (6.2)$$

де: $n = 1$ – кількість обслуговуючого персоналу.

Експлуатаційні витрати

Експлуатаційні витрати складаються з основної і додаткової заробітної плати, амортизаційних відрахувань, витрат на паливо-мастильні матеріали, витрат на технічне обслуговування, ремонт і зберігання агрегату.

Основна і додаткова заробітна плата

Основна і додаткова заробітна плата з нарахуваннями:

$$\Pi = \frac{C_T}{W_{\text{год}}} \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (6.3)$$

де: C_T – тарифна ставка, грн/год;

$K_1 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує додаткову оплату (20%);

$K_2 = 1,375$ – коефіцієнт, що враховує нарахування на соціальні заходи:

Базовий

Проект

$$\Pi = 19,41 \text{ грн./га}$$

$$\Pi = 19,41 \text{ грн./га}$$

Амортизаційні відрахування

Норма амортизації для трактора –15%, сівалки – 12%.

Нормативне завантаження на рік:

- трактора – 1000 год;

- сівалки – 250 год.

Базовий

Проект

$$A_{\Sigma} = 17,64 + 22,59 = 40,23 \text{ грн/га}$$

$$A_{\Sigma} = 17,64 + 23,29 = 40,93 \text{ грн/га}$$

Витрати на ПММ

Базовий

$$V_{\text{ПММ}} = C_{\text{ПММ}} \cdot V_{\text{ПММ}} = 102 \text{ грн./га}$$

Проект

$$V_{\text{ПММ}} = C_{\text{ПММ}} \cdot V_{\text{ПММ}} = 102 \text{ грн./га}$$

Витрати на ТО, ТР, зберігання

Норма витрат на ТР, ТО і зберігання:

$\alpha_{\text{ТО}} = 11\%$ - норма відрахувань на ТО;

$\alpha_{\text{з}} = 0,2\%$ - норма відрахувань на зберігання;

$\alpha_{\text{ТР}} = 8\%$ - норма відрахувань на ремонт.

Витрати на ТО, ТР і зберігання:

$$B = \frac{B_B \cdot (\alpha_{\text{ТО}} + \alpha_{\text{з}} + \alpha_{\text{ТР}})}{100 \cdot K_{\text{НГ}} \cdot W_{\text{ГОД}}}, \quad (6.4)$$

де: B_B – балансова вартість, грн;

Базовий

Всього по агрегатам:

$$B = B_{\text{ТР}} + B_{\text{М}} = 768,04 + 131,20 = 899,24 \text{ грн/га}$$

Проект

$$B = B_{\text{ТР}} + B_{\text{М}} = 768,04 + 135,30 = 903,34 \text{ грн/га}$$

Всього експлуатаційних витрат на 1 га:

Базовий

$$E_B = 19,41 + 40,23 + 102 + 899,24 = 1060,88 \text{ грн/га}$$

Проект

$$E_B = 19,41 + 40,93 + 102 + 903,34 = 1065,68 \text{ грн/га}$$

Експлуатаційні витрати на весь обсяг роботи:

Базовий

Проект

$$E_{\Sigma} = E_B \cdot W_{\text{СЕЗ}} = 1060,88 \cdot 100 = 106088 \text{ грн.} \quad E_{\Sigma} = 1065,68 \cdot 100 = 106568 \text{ грн.}$$

Капітальні вкладення на 1 га:

Всього:

Базовий

Проект

$$K_B = 4000 + 1600 = 5600 \text{ грн/га}$$

$$K_B = 4000 + 1650 = 5650 \text{ грн/га}$$

Приведені витрати на 1га:

$$P_B = E_B + 0,15 \cdot K_B$$

Базовий

$$P_B = 1060,88 + 0,15 \cdot 5600 = 1900,88 \text{ грн./га}$$

Проект

$$P_B = 1065,68 + 0,15 \cdot 5650 = 1913,18 \text{ грн./га}$$

Приведені витрати на весь обсяг робіт:

Базовий

$$P_{B\Sigma} = P_B \cdot W_{\text{СЕЗ}} = 1900,88 \cdot 100 = 190088 \text{ грн.}$$

Проект

$$P_{B\Sigma} = P_B \cdot W_{\text{СЕЗ}} = 1913,18 \cdot 100 = 191318 \text{ грн.}$$

Згідно експериментальних досліджень врожайність озимої пшениці при використанні сівалки точного висіву підвищилась на 5,3 ц/га. Враховуючи вартість пшениці (9500 грн./т) визначаємо вартість додаткової продукції, що вирощується на площі 100 га (503500 грн.).

Строк окупності додаткових капітальних витрат близько року

Техніко-економічні показники впроваджуваного проекту

№	ПОКАЗНИКИ	Варіант	
		базовий	проект
1	Вид роботи	Сівба	
2	Обсяг роботи, га	100	100
3	Склад агрегата: трактор сівалка	МТЗ-82 СЗ-3,6	МТЗ -82 СЗМ-3,6
4	Продуктивність, га/год	3,4	3,4
5	Кількість нормо-годин у обсязі робіт	29,41	29,41
6	Кількість обслуговуючого персоналу -трактористів-машиністів -допоміжних працівників	1 -	1 -
7	Витрати праці, люд.·год/га	29,41	29,41
8	Тарифний розряд роботи	V	V
9	Тарифна ставка, грн/год	30	30
10	Норма витрати пального, кг/га	4	4
11	Балансова вартість, грн: трактора машини	400000 160000	400000 165000
12	Комплексна ціна ПММ, грн/кг	30	30
13	Експлуатаційні витрати, грн/га у тому числі: а. Основна і додаткова заробітна плата б. Амортизаційні відрахування: -трактор -машина -всього в. Витрати на ПММ г. Витрати на ТО, ПР, зберігання, -трактора -машина -всього	1060,88 19,41 17,64 22,59 40,23 102 768,04 131,20 899,24	1065,68 19,41 17,64 23,29 40,93 102 768,04 135,30 903,34
14	Капітальні вкладення, грн/га	5600	5650
15	Приведені затрати, грн/га На весь обсяг роботи, грн	1900,88 190088	1913,18 191318
16	Урожайність вирощуваної культури, ц/га	45	50,3
17	Річний економічний ефект, грн		503500
18	Строк окупності, років		0,1

Висновки

Аналіз отриманих даних показує, що застосування сівалки точного висіву підвищує врожайність озимої пшениці на 5,3 ц/га, дозволяє отримати економічний ефект в розмірі 503500 грн. за рахунок зменшення норми висіву насіння, рівномірного розміщення насіння на площі поля та приросту врожайності.

Як показують розрахунки, спроектований агрегат має хорошу ефективність і його можна рекомендувати до впровадження.

ВИСНОВОКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1. Аналіз способів і засобів посіву зернових культур та розроблена класифікація робочих органів сівалок дозволили виявити перспективний напрямок вдосконалення дводискових сошників, теоретично обґрунтувати параметри дослідного зразка сошника, що забезпечує рівномірність укладання насіння по глибині і ущільнення дна борозенки, які підтверджені теоретичними і експериментальними результатами.

2. На основі аналізу літературних джерел, пов'язаних з питаннями технологічного процесу посіву та вдосконалення загортаючих робочих органів, встановлено, що на підвищення врожайності зернових культур суттєво впливає щільність дна борозенки, рівномірність розподілу насіння по глибині і закриття їх зверху шаром неущільненого ґрунту. З класифікації посівних робочих органів посівних машин запропонована нова конструктивно-технологічна схема дискового сошника, що забезпечує рівномірність укладання насіння по глибині і підвищує щільність дна борозенки.

3. Теоретичними дослідженнями робочого процесу посіву отримано аналітичні залежності щільності ґрунту, створюваної притискною пластиною, її геометричних параметрів, тягового опору вдосконаленого сошника, деформації пружини повідця, стійкості ходу сошника і визначення нерівномірності загортання насіння по глибині. Товщина пластини становить 2,5 мм при радіусі кривизни перетину пластини $r = 52 \dots 57$ мм. Зроблено розрахунок тягового опору серійного і вдосконаленого сошників і сівалки в цілому. Отримано вираз деформації пружини повідця. Розроблено номограми для визначення нерівномірності загортання насіння по глибині.

4. За результатами визначення фізико-механічних властивостей ґрунту, насіння і експериментальних досліджень встановлено: кут нахилу притискної пластини щодо дна борозенки $\psi = 22^\circ$, жорсткість притискної пластини 7500 ... 7600 Н/м, що забезпечує оптимальну щільність дна борозенки, рівну 1,1- 1,3 г/см³, тяговий опір вдосконаленого сошника при глибині ходу від 0,03 до 0,08

м становить 49,08-137,05 Н, сумарний опір пластин сошників сівалки становить 190 Н. Оснащення дводискового сошника притискною пластиною зменшує нерівномірність загортання насіння зернових культур на 5,7 ... 16,5 %.

5. Виробничі випробування дозволили встановити ефективність зернової сівалки з удосконаленням сошників при посіві зернових культур: підвищення польової схожості призводить до скорочення терміну появи сходів на 2 дня, в інтервалі глибини загортання насіння 0,05 ... 0,07 м розміщено 89 % загальної кількості насіння проти 76 % насіння, заглиблених серійним сошником, що призводить до підвищення врожаю на 8 ... 10 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Архипов, В. С. Испытания сельскохозяйственной техники [Текст] Ч. 3 Оценка надёжности / В. С. Архипов, А. Г. Левшин. – М. : Изд-во РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2014. – 216 с. 159
2. Атнагулов, Д. Т. Сошники сеялок для посева зерновых культур [Текст] / Д. Т. Атнагулов // Матер. XXVII междунар. науч.-практич. конф. «До-стижения науки – агропромышленному производству». – Челябинск, 2008. – Ч. 3.– С. 39-41.
3. Беляев, Е. А. Посевные машины [Текст] / Е. А. Беляев. – М.: Россельхозиздат, 1987. – 64 с.
4. Бердышев, В. Е. Сельскохозяйственные машины [Текст] : учеб. пособ. / В. Е. Бердышев, А. Н. Цепляев, М. Н. Шапоров [и др.]. – Саратов : ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2010. – 220 с.
5. Боков, Д. В. Совершенствование технологии заделки семян в почву и обоснование конструкции заделывающего рабочего органа [Текст]: дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01/ Боков Дмитрий Владиславович. – Саратов, 2004. – 171 с.
6. Босой, Е. М. Теория, конструкция и расчёт сельскохозяйственных машин [Текст] / Е. М. Босой, О. В. Верняев, И. И. Смирнов; под ред. Д. В. Босого. – М.: Машиностроение, 1978. – 566 с.
7. Бузенков, Г. М. Машины для посева сельскохозяйственных культур [Текст] / Г. М. Бузенков, С. А. Ма. – М.: Машиностроение, 1987. – 272 с.
8. Бурлаков, В. К. К определению причин неравномерности заделки семян дисковыми сошниками при посеве зерновых на повышенных скоростях [Текст]: сб. науч. тр. / В. К. Бурлаков, М. Д. Путятин // Горьковский СХИ. – Горький, 1980. – Т. 148. – С. 35-38;
9. Бутенин, Н. В., Курс теоретической механики [Текст]: учебник / Я. Л. Лунц, Д. Р. Меркин. – СПб. : Лань, 2009. – 736 с.
10. Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почв [Текст] / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина – М. : Агропромиздат, 1986. – 416

с.

11. Валиев, А. Р. Машины для предпосевной подготовки почвы и посева сельскохозяйственных культур: регулировка, настройка и эксплуатация [Текст] / А. Р. Валиев, Б. Г. Зиганшин, Н. И. Семушкин, С. М. Яхин. – Казань : Изд-во Казанского ГАУ, 2013. – 156 с.

12. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей и её инженерные приложения 160 [Текст]: учеб. пособ. для вузов / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. - М.: Высшая школа, 2000. – 480 с.

13. Веретенников, В. Г. Теоретическая механика (дополнения к общим разделам) [Текст] / В. А. Сеницын. – М. : Физматлит, 2006. – 416 с.

14. Власов, Н. С. Методика экономической оценки сельскохозяйственной техники [Текст] / Н. С. Власов [и др.]. – М.: АНО «ИПЭВ», 2006. – 399 с.

15. Водопьянов, В. И. Курс сопротивления материалов с примерами и задачами [Текст] : учеб. пособ. / В. И. Водопьянов, А. Н. Савкин, О. В. Кондратьев. – Волгоград : ВолгГТУ. – 2012. – 136 с.

16. Вьюрков, В. В. Яровые хлеба. Система ведения сельского хозяйства Западно-Казахстанской области [Текст] / В. В. Вьюрков, В. Г. Архипкин, В. С. Кучеров, Г. В. Гуз. – Уральск, 2004. – С. 82-89.

17. Вьюрков, В. В. Озимые хлеба. Система ведения сельского хозяйства Западно-Казахстанской области [Текст] / В. В. Вьюрков, В. Г. Архипкин. – Уральск, 2004. – С. 72-82.

18. Глотов, А. Л. Разработка и обоснование основных параметров сошниковой секции почвообрабатывающе-посевной машины [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Глотов Александр Львович. – Оренбург, 1998. – 18 с.

19. Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика [Текст] / В. Е. Гмурман. – М.: Высшая школа, 1999. – 479 с.

20. Гниломёдов, В. Г. Исследование и совершенствование технологического процесса сеялок-культиваторов в условиях Среднего Поволжья [Текст]: дис. канд. техн. наук : 05.20.01 / Гниломёдов Владимир Григорьевич – Кинель, 1981. – 226 с.

21. Горшков, А. Г. Сопротивление материалов [Текст] / А. Г. Горшков [и др.]. – М.: Физматлит, 2005. – 386 с 161
22. Горячкин, В. П. Собрание сочинений [Текст]: в 3 т. Т. 1 / В. П. Горячкин. – М.: Колос, 1965. – 720 с.
23. ГОСТ 24055...24059-88. Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки [Текст]. – Введ. 1989-01-01. – М.: Госуд. Комитет по стандартам, 1988. – 15 с.
24. ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор проб [Текст]. – Введ. 1990-04-01. – М.: Стандартиформ, 2008. – 6 с.
25. ГОСТ 28268-89. Почвы. Метод определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений [Текст]. – Введ. 1990-06-01. – М.: Стандартиформ, 2006. – 7 с.
26. ГОСТ 12042-82. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян [Текст]. – Введ. 1981-07-01. – М.: Стандартиформ, 2011. – 4 с.
27. ГОСТ 31345-2007. Сеялки тракторные. Методы испытаний [Текст]. – Введ. 2009-01-01. – М.: Стандартиформ, 2008. – 54 с. 72
28. Грибановский, А. П. Комплекс противоэрозионных машин (теория проектирование) [Текст] / А. П. Грибановский, Р. В. Бидпингмайер. – Алма-Ата: Кайнар, 1990. – 256 с.
29. Григорьев, В. П. Элементы высшей математики [Текст] / В. П. Григорьев, Ю. А. Дубинский. – М. : Издательский центр «Академия» 2008. – 320 с.
30. Гусак, А. А. Высшая математика [Текст]. В 2-х т. Т. 2 / А. А. Гусак. – Минск: Тетрасистемс, 2001. – 448 с.
31. Давлетшин, М. М. Дисковый сошник для отечественных зернуковых сеялок / М. М. Давлетшин, Д. Т. Атнагулов // Современные наукоемкие технологии. –2010. – № 9. –С. 135-136.
32. Демидов, Г. К. Сошники, вдавливающие семена в дно бороздки [Текст] / Г. К. Демидов /Сб. науч. тр. БСХА. – Горки: 1979. – С. 45-47.

33. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статической обработки результатов исследований) [Текст] / Б. А. Доспехов. – 162 М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

34. Дронг В. И. Курс теоретической механики [Текст]: учеб. для вузов / В. И. Дронг, В. В. Дубинин, М. М. Ильин [и др.]; Под ред. К. С. Колесникова. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. – 758 с.

35. Дружченко, А. В. Влияние плотности посевного слоя почвы на её физические свойства, рост растений и урожай полевых культур на мощном тяжелосуглинистом чернозёме Харьковской области [Текст]: автореф. дис. канд. сельскохоз. наук : 538 / Дружченко Андрей Владимирович. – Харьков, 1968. – 21 с.

36. Евтефеев, Ю. В., Основы агрономии [Текст] : учеб. пособ. / Ю. В. Евтефеев, Г. М. Казанцев. – М. : Форум, 2013. – 368 с.

37. Ероков, М. Б. Исследование и обоснование режимов работы сошника зерновой сеялки в условиях повышенной влажности почвы [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Ероков Мурат Борисович. – Нальчик., 2000. – 18 с

38. Заговора, В. А. Основы технологии и расчёта мобильных процессов растениеводства [Текст]: учеб. пособ. / В. А. Заговора, В. И. Толокольников, С. Н. Васильев. Барнаул : Изд-во АГАУ, 2008. – 263 с.

ДОДАТКИ