

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Допущено до захисту
“ ____ ” _____ 2023 р.
Завідувач кафедри к.т.н., доцент

_____ Войтік А.В.

Кваліфікаційна робота (дипломний проект)
Перший (бакалаврський)

Тема проекту: **«Технічні рішення підвищення роботи сівалки за умов
підвищеної вологості ґрунту.»**

Виконав: студент 3 курсу,
групи 31 к-3-ім
Спеціальність 208
«Агроінженерія»
Павленко В.М.
(прізвище та ініціали)

Керівник: Головатюк А.А.
(прізвище та ініціали)

Рецензент: Боезовський А. П.
(прізвище та ініціали)

м. Умань - 2023 рік

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА

інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Освітня програма Бакалавр
Спеціальність 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ Войтік А.В..
« ____ » _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ)

студенту Павленку Вадиму Михайловичу

Тема роботи «Технічні рішення підвищення роботи сівалки за умов підвищеної вологості ґрунту.»

керівник проекту: Головатюк Анатолій Анатолійович, к. с-г. н.
затверджено наказом Уманського НУС 01-06/95 від 12 травня 2023 р.

2. Строк подання студентом проекту «__» _____ 20__ р.

3. Вихідні дані до проекту літературні джерела, технологічні та технічні рішення, методичні вказівки, методики.

4. Перелік питань, які потрібно розробити: Вступ. 1. Аналіз стану питання за темою дипломного проекту. 2. Теоретичні та/або експериментальні дослідження за темою дипломного проекту. 3. Охорона праці. 4 . Обґрунтування досягнутих результатів. Загальні висновки. Список використаних джерел.

5. Консультанти розділів роботи

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

6. Дата видачі завдання – « ____ » _____ 20__ р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів	Примітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел		
2.	Розділ 1		
3.	Розділ 2		
4.	Розділ 3		
5.	Розділ 4		
6.	Виконання ілюстративної частини роботи		
7.	Представлення роботи керівнику на перевірку		

Студент _____ Павленко В.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Головатюк А.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Зміст

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. Стан питання, огляд і аналіз існуючих технологій висіву насіння в ґрунт і конструкцій сошників робочих органів.....	7
1.1. Аналіз існуючих технологій посіву насіння сільськогосподарських культур на основі існуючих робітників органів.....	7
РОЗДІЛ 2. Теоретичне обґрунтування пропонованої технології висіву насіння в ґрунт і основи параметрів конструкції робочого органу.....	17
2.1. Пропонована технологія висіву насіння в ґрунт.....	17
2.2. Визначення реакцій ґрунту, що діють на лезо, борозноутворювальний диск і щільність ґрунту, що створюється диском на дні борозни.....	20
2.3. Дослідження стійкості глибини ходу сошника.....	26
РОЗДІЛ 3 Охорона праці.....	33
3.1 Аналіз умов та заходів з охорони праці.....	33
3.2 Аналіз виробничих небезпек, їх джерел, причин виникнення.....	33
3.3 Аналіз шкідливих виробничих факторів, їх джерел, причин виникнення.....	35
3.4 Моделювання виробничих небезпек при зварювальних роботах.....	36
РОЗДІЛ 4. Обґрунтування досягнень.....	38
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	42
Список використаних джерел.....	43

ВСТУП

Збільшення врожайності сільськогосподарських культур є основною метою при рішенні більшості завдань, пов'язаних з удосконаленням технологічних процесів і робочих органів сільськогосподарських машин. Одним з найважливіших етапів обробітку сільськогосподарських культур є висів насіння. Висів повинен забезпечувати найбільш сприятливі умови для проростання насіння і подальшого розвитку рослин, що значною мірою гарантує високу врожайність.

Ці умови створюються правильним визначенням агротехнічних термінів посіву, норми висіву, площі живлення рослин і технології висіву насіння в ґрунт [5, 10]. Висіву насіння в ґрунт - це завершальна стадія при посіві. Тут відбувається безпосередня дія на ґрунт - середовище, в якому знаходиться насіння, з метою зміни її властивостей і тим самим створити сприятливі умови для проростання насіння.

Для здійснення висіву насіння в ґрунт застосовуються різні закладаючі робочі органи - сошники різних конструкцій. Найбільше поширення отримали дводискові, анкерні, кілевидні і лапові сошники.

Існуючі сошники створюють недостатньо сприятливі умови для проростання насіння і, як правило, незадовільно працюють в умовах підвищеної вологості ґрунтів. [7, 12, 13].

Метою роботи є підвищення ефективності посіву шляхом вдосконалення технології закладення насіння в ґрунт з використанням пропонованого закладаючого робочого органу нової конструкції, що має борозноутворюючий диск у вигляді катка клиновидної форми і ніж.

Виходячи з вищевикладеного, виникає необхідність проведення теоретичних і експериментальних досліджень по оптимізації параметрів робочих органів і вибору найбільш перспективного наукового напрямку по створенню посівних машин для посіву насіння зернових культур.

Для виконання поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. На основі огляду літературних джерел обґрунтувати з агротехнічної точки зору нову конструкцію закладаючого робочого органу.

2. Теоретично обґрунтувати основні конструктивно-технологічні параметри пропонованого закладаючого робочого органу, який би максимально задовольняв агротехнічним вимогам і забезпечував виконання пропонованої технології.

РОЗДІЛ 1. Стан питання, огляд і аналіз існуючих технологій висіву насіння в ґрунт і конструкцій сошників робочих органів

1.1. Аналіз існуючих технологій посіву насіння сільськогосподарських культур на основі існуючих робітників органів

Посів є однією з найважливіших операцій обробітку сільськогосподарських культур, в якій здійснюється висіву насіння в ґрунт і створюються умови для їх проростання.

Посів робить визначальний вплив на схожість насіння, подальший розвиток рослин і, зрештою, на врожайність сільськогосподарських культур.

Для кожної сільськогосподарської культури необхідно створювати своєрідні найбільш сприятливі для неї умови проростання і розвитку, тому існують різні способи посіву.

Питаннями висіву насіння в ґрунт в різні роки займалися; Г. М. Бузенков, В. К. Бурлак, А. Я Карпенко, Ю. Я. Сидоренко, Ю. И. Трофимченко, Э. В. Філіпов, В. Т. Фогель, В. Е. Хорунженко, та ін.

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

Найбільш поширеним типом сошника для зернових сіялок в нашій країні є дводисковий сошник. Він застосовується у вітчизняних сіялках: СЗ- 3,6; СЗУ- 3,6; СЗТ- 3,6; СРН- 3,6; СЛТ- 3,6; СЗП- 3,6, а також в іноземних: 5100 ("Case International", США); 8000 ("John Deer", США); End Wheel ("Great Plains", США); ТС - 4 ("Hester", Біл); 40 Sex DJ 150 ("Ross", Чехія) та ін. [15].

Дводисковий сошник складається з двох плоских дисків, встановлених в вертикальній площині під кутом 12° один до одного і 23° - у сошника вузькорядної сіялки. Корпус сошника сполучений з поводом і притискається до ґрунту нажимною штангою з пружиною. При роботі диски сошника обертаються і утворюють борозну, розсовуючи ґрунт в сторони. У борозну, що утворилася, поступає насіння з насіннепровода через направника, встановленого між дисками.

На відміну від рядового, сошник вузькорядної сівалки має дільника, що ділить потік насіння, що поступає від висіваючого апарату через насінепровід, на два потоки з відстанню між ними 7,5 см в одній борозні.

Основними недолікам дводискового сошника, на які вказують дослідники, є нерівномірність висіву насіння на глибину [1, 9, 10]. і те, що цей сошник не забезпечує ущільнення дна борозни [4,10].

В. К. Бурлак називає наступні причини нерівномірності висіву насіння в ґрунт дводисковим сошником:

- захоплення насіння дисками, що обертаються, з викидом їх за межі сошника у верхні шари ґрунту;
- захоплення насіння ґрунтом, що відкидається сошниками;
- осипання борозенки, внаслідок чого насіння, відбите від дна борозни, потрапляє у більше, верхні шари ґрунту.

Мала опорна поверхня дводискового сошника не забезпечує достатнього ущільнення дна борозни (ложа для насіння).

Одиндисккові сошники не так поширені як дводисккові. Вони використовуються в сівалках: СЗО- 3,6; ЛДС- 6; а також в іноземних: 424 ("Massey - Ferguson", США), ТС- 3, СД-4 ("Hestair", "Bamlett", Великобританія).

Одиндисккові сошники бувають сферичні, плоскі і з обмежувальними ребордами для обмеження глибини ходу сошника на деяких овочевих сівалках, де потрібно невелику глибину висіву насіння. Вони працюють подібно до дисків луцильників, утворюючи борозну, обертаючись і відкидаючи ґрунт убік. Недоліками їх є нерівномірність висіву насіння по глибині і укладання насіння на рихлий шар ґрунту. Як вказують В. Е. Хорунженко [13] і Є. В.Філіпов, одиндисккові сошники укладають насіння на 2 см дрібніше, ніж глибина їх ходу, а так само вивертають нижні вологі шари ґрунту на поверхність.

На відміну від сошників кочення, які здійснюють обертальний рух, наральникові сошники рухаються в ґрунті поступально. До наральникових сошників відносяться: анкерні (анкерні з п'ятою, анкерні без п'яти і анкерні комбіновані), клиновидні, кілевидні їх різновиди - полозовидні, ножевидні і

сошники у вигляді стрілчастих лап культиваторів. А також трубчасті сошники з норальником у вигляді ножа приварюваного перед трубкою (по ходу руху).

Наральникові сошники використовуються в сівалках: 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., а також в картоплесаджалках СН-4Б та ін.

Усі наральникові сошники відрізняються один від одного формою робочої поверхні наральника і полягають, в основному, з наральника, прикріпленого до розтруба для подання насіння, в який входить насіннеспровід.

Анкерний сошник має наральник з увігнутою робочою поверхнею, внаслідок чого сумарна складова реакцій ґрунту, що діють на нього, прагне заглибити сошник. кілевидний сошник має наральник з опуклою робочою поверхнею, тому, при роботі, реакція ґрунту прагне виглибити сошник. Сошник у вигляді стрілчастої лапи має наральник у вигляді стрілчастої лапи культиватора, який здійснює в ґрунті- розкидний посів насіння і одночасно підрізує бур'яни.

Вивченням наральникових сошників займалися багато дослідників: [1, 4, 7, 9]. В результаті було встановлено, що наральникові сошники відрізняються нерівномірністю висіву насіння в ґрунт, вимогливі до якості передпосівної обробки ґрунту і стану полів.

Як вказує В. Г. Гниломедов, анкерні сошники сильно перемішують ґрунт с пожнивними остатками, виносять вологий шар ґрунту на поверхність, перемішують ґрунт по горизонтам, що призводить до їх залипання. Звідси велика нерівномірність глибини висіву насіння.

кілевидні сошники забезпечують ущільнення дна борозни, але не можуть працювати на засмічених і погано оброблених полях, т. до. не забезпечують в таких умовах необхідну глибину висіву насіння і забиваються рослинними залишками [5, 13].

Стрілчасті лапи більше рівномірно закладають насіння [4], але не забезпечують ущільнення дна борозни.

У багатьох сівалках для забезпечення ущільнення ґрунту на дні борозни застосовуються катки, що накочують, які встановлюються за сошниками і накочують посіви. Катки, що накочують, застосовуються на сівалках: СЗП- 3,6; СЗП- 16; СТС- 2,1; СЗС- 2,1; СК- 3,6; КФС- 3,6; а так само в іноземних: НСЗО ("Great Plains", США); Versatile (Канада) та ін.

Технологічний процес висіву насіння таких сівалок складається із висіву насіння сошниками і загортачами, накочення борозенок катками, що услід йдуть. В результаті цього ґрунт над насінням у борозні виявляється сильно ущільнений. Волога з такого ґрунту випаровується швидше, а насіння не отримує достатньої кількості кисню. На ці обставини вказує цілий ряд дослідників [3,9,10].

Доцільніше ущільнювати дно борозни, а закладати насіння рихлим ґрунтом. По такому шляху пішли багато дослідників, якими були запропоновані різні конструкції комбінованих сошників, що забезпечують ущільнення дна борозни.

Однією з найбільш ранніх була конструкція комбінованого сошника, запропонована в 1954 році А. І. Бідновим. Він включає кілевидний сошник і насіннєвдавлюючий каток. Насіння, укладене у борозну кілевидним сошником, додатково вдавлюється в дно борозенки катком і закладаються рихлим ґрунтом.

Х. С. Гайнановим, в 1978 р., була запропонована конструкція комбінованого сошника із стрілчастою лапою. Він включає стрілчасту лапу, направника насіння, вдавлюючий каток, загортач.

У 1984г. Г. Р. Муртазін запропонував конструкцію комбінованого робочого органу. Сошник складається з сферичних борозноутворюючих дисків, вдавлюючих катків і загортача.

У 1994 р. М. К. Амірханов сконструював анкерно-дисковий сошник, який, складається з дискового ножа, анкера і вдавлюючого котка.

Усі комбіновані закладаючі робочі органи мають каток, що накочує, який вдавлює насіння в дно борозенки, яка перед цим була утворена яким або типом сошника. В результаті насіння укладається на щільне ложе і закладається

рихлим ґрунтом. Проте, такі сошники відрізняються складністю конструкції, великою матеріаломісткістю і нерівномірністю висіву насіння по глибині.

Використовувані в них борозноутворюючі органи кілевидного, анкерного, дискового типу мають ті ж недоліки, що і прості сошники, а насіннєвдавлюючі катки, працюючи у вологому ґрунті, схильні до залипання нею і винесенню насіння на поверхню. Щоб цього не відбувалося, необхідно усунути контакт робочих частин сошника з насінням і в той же час забезпечити ущільнення дна борозни.

Найбільш за доцільне вважаємо застосування каткових сошників, які одночасно розкривають борозну і ущільнюють її дно. Такий сошник є круглим катком з клиновидним ободом, який утворює борозну шляхом того, що зім'яло ґрунту. Каткові сошники встановлені на катку-сівалці фірми "Бріллон", США. У нашій країні такі сошники практично не використовуються.

Сошники з гострим кутом входження в ґрунт, утворюють борозенку переміщаючи ґрунт від низу до верху, внаслідок чого дно борозенки виходить рихлим.

Сошники з тупим кутом входження, навпаки, утворюючи борозенку, вдавлюють ґрунт зверху вниз, тому дно борозни виявляється частково ущільненим. Сошники з прямим кутом входження (клиновидні) утворюють борозенку, розсовуючи ґрунт в сторони [5,6],

Гострий кут входження в ґрунт мають анкерні і лапові сошники, прямий кут - клиновидні і трубчасті сошники і тупий кут входження - кілевидні, полозовидні і усі дискові сошники з тупим кутом входження в ґрунт. При зустрічі з перешкодою або значним опором ґрунтового середовища вони виглубляються внаслідок того, що вертикальна складова реакції ґрунту спрямована вгору, а сошники з гострим кутом входження заглиблюються, оскільки вертикальна складова у них спрямована вниз.

Анкерні сошники встановлюють на зернових і деяких спеціальних сівалках (картоплесаджалках). Вживані у вітчизняних сівалках анкерні і кілевидні сошники мають деяку перевагу перед дводисковими. Вони простіше

по конструкції, у них менша вага, нескладений їх ремонт. Як правило, їх застосовують на добре розпушених і мілкозернистих ґрунтах, що не містять рослинних залишків. Анкерний сошник [4] складається з наральника, воронки і хомутика, наральник має увігнуту робочу поверхню.

При роботі сошник спирається об ґрунт нижньою поверхнею наральника, розсовуючи її в сторони і декілька вгору. Щоки сошника служать для підтримки борозенки відкритої. Глибину ходу анкерних сошників регулюють навішуванням на хвостовик хомутика спеціальних вантажів і зміною кута входження в ґрунт. До технологічного недоліку анкерних сошників відноситься нерівномірне висіву насіння в ґрунт по глибині внаслідок поганого копіювання сошником мікрорельєфу.

Погано позначається на якості роботи цих сошників винесення нижніх шарів ґрунту на поверхню при утворенні борозенки, що викликає її висушення, а дно борозенки залишається рихлим і погано контактує з насінням.

кілевидний сошник влаштований аналогічним чином. Його наральник має [4] гостре опукле переднє ребро. Під час роботи сошника борозенка утворюється за рахунок розсовування ґрунту в сторони і хаотичного втискування її вниз. Завдяки цьому борозенка має дещо ущільнене дно, що сприяє підтягуванню вологи до насіння з нижніх вологіших горизонтів ґрунту.

Проте, ущільнення дна борозни незначне, оскільки велика частина ґрунту розсується в сторони від наральника, а менша деформується у вертикальному напрямі. Конструкція кілевидного сошника не дозволяє змінювати щільність дна борозенки і не забезпечує досить щільний контакт насіння з ложем. Фізико-механічні властивості ґрунту і їх мікрорельєф викликають коливання сошника у вертикальній площині, що призводить до зниження рівномірності глибини висіву насіння.

Слід зазначити також одиндисккові сошники, які за своїми параметрами мають безліч відмінностей. Однодисккові сошники одночасно з прямою своїм завданням - нарізуванням борозенки, лущать ґрунт. Вони кращі, ніж

дводискові, заглиблюються і перерізують рослинні залишки, добре працюють в перезволожених ґрунтах [5].

Сила, потрібна для заглиблення однодискового плоского сошника, менше в 5,5-10 разів чим у дводискового, і в 3,9-6,6 рази - чим у однодискового сферичного. Також і агротехнічні показники (глибина висіву насіння) виявилися вищі, ніж у однодискового сферичного і дводискового в 1,2-1,6 і 2-2,5 разу, відповідно. Показано, що для швидкісних зернових сівалок працюючих на швидкостях до 15 км/год, найбільш доцільним типом сошника є однодисковий сошник з плоским диском, встановлений під кутом атаки 10° і кутом крену 20° .

Сошники з одним сферичним диском в нашій країні широкого поширення не отримали, і, в основному, застосовуються в зернових сівалках зарубіжних фірм, наприклад, в сівалці "Массей-Фергюсон - 36", "Олівер" і інших, з міжряддями 0,15 м. Випробування таких сошників показали, що основним їх недоліком є винесення нижніх шарів ґрунту вгору і утворення борозни великого поперечного перерізу. Це усе веде до збільшення втрат вологи і енерговитрат, притому, ці недоліки посилюються при підвищенні робочої швидкості агрегату. Це відбувається за рахунок осипання ґрунту. Сферичний диск поставлений під кутом атаки, працює як відвальний засіб.

Поліпшенню і дослідженню оптимальних параметрів однодискових сошників присвячена робота Фоміна В. Н. В результаті досліджень створений однодисковий сошник з ущільнювачем і демпфуючими пристроями для роботи на швидкісних режимах до 15 км/год, що забезпечують високу рівномірність розподілу насіння. Можливе застосування цього сошника, залежно від міри підготовки ґрунту, в якості анкерного, тобто без диска.

У роботі Мальмина Н. Г. розглянуті дводискові сошники для посіву на підвищених швидкостях. Дослідженнями встановлена доцільність оснащення дискових сошників зернових сівалок пружинними пластинчатими відбивачами. Відбивач сприяє більшому рівномірному розподілу насіння по глибині і запобігає їх винесенню на поверхню при робочій швидкості 12.18 км/год.

Цікаве рішення запропоноване в роботі Александровської А. Н., де диски сошника пропонується зробити гофрованими, такими, що входять в зачеплення один з одним. Тим самим запобігає припинення обертання дисків.

Разом з одиндискowymi і дводискowymi сошниками застосовуються і комбіновані робочі органи.

Оригінальну конструкцію має сошник, описаний в роботі [6]. Борозни в даному випадку утворюються шляхом випресовування їх в ґрунті при коченні катків відповідного профілю. Борозенки при цьому виходять з ущільненим ложем для насіння, що сприятливо позначається на подальшому зростанні і розвитку рослин. Разом з посівними функціями, запропонований сошник виконує і додаткові операції передпосівної підготовки : вирівнює мікрорельєф, забезпечує більше рівномірну структуру посівного шару.

Використання цього сошника на думку авторів роботи забезпечує надбавку урожаю в середньому на 15 %.

У зернових сівалках для посіву по стерні і прямого посіву застосовуються усі типи сошників, тобто дводискові, однодискові і наральникові. Також в цих цілях можуть застосовуватися трубчасті і лапові сошники. Дослідження показують, що робота сівалок з трубчастими сошниками, в основному, задовольняє агротехнічним вимогам на робочих швидкостях до 2,0-2,2 м/с при вологості ґрунту 16-18%.

Одним з найбільш суттєвих чинників, що впливають на борозноутворення і тяговий опір, є обволікання робочих органів рослинними залишками і залипання їх ґрунтом [9]. Дослідженнями встановлено, що зі збільшенням вологості ґрунту залипаємість трубчастих сошників збільшується, і при вологості 25–26% вони практично непрацездатні. Крім того, по М.Х. Каскулову і М.В. Кречетову, трубчастий сошник має великий тяговий опір. Збільшення швидкості руху призводить до інтенсивного зростання цього опору.

Такі сошники встановлюють на вітчизняні і зарубіжні сівалки для ґрунтозахисних і енерго-зберігаючих технологій, в основу яких покладені

мінімальна і поверхнева обробка ґрунту. Так, фірма "Versatile" забезпечує свою сівалку моделі 2200 дводисковими сошниками, які при роботі на полях з незначною кількістю рослинних залишків дозволяють знижувати споживану потужність.

Сошники сівалок прямого посіву відрізняються посиленими дисками і наявністю додаткових дискових ножів для розрізання ущільненого верхнього шару ґрунту з метою полегшення заглиблення сошників.

Сівалка моделі 752 фірми "John Deer" оснащується одиндисковими сошниками з діаметром дисків 460 мм, які спираються на катки з пневмошинами [10].

Дводискові сошники сівалки "Haybuster" моделі 107 спираються на металеві катки, які можуть змінювати своє положення відносно дисків. Таким чином, регулюється глибина висіву насіння. Проте, випробуваннями встановлено, що при роботі на полях з підвищеною вологістю ґрунтів, опорні катки залипають [10].

Особливістю дводискових сошників, вживаних в зернових сівалках зарубіжних фірм, є наявність опорних катків, як металевих, так і обгумованих, а також дискових ножів, що встановлюються перед сошниками, що накочують. Така конструкція сошникових систем призводить до збільшення тягового опору і підвищення енергоємності технологічного процесу.

При усій різноманітності типів сошників встановлюваних на зернових сівалках, саме дводискові сошники отримали найбільше поширення і використовуються у більшості господарств. Зараз сівалками з такими сошниками засівається близько 70 посівних площ зернових колосових культур.

Істотними недоліками дводискових сошників, порівняно є їх незадовільна стійкість по глибині ходу, погане оброблення великих х грудок.

Залипання сошників призводить до порушення конфігурації борозенки, створення передсошникового пагорба, нерівномірності висіву насіння по глибині, посилюється також відкидання часток ґрунту, через що збільшується

площа поперечного перерізу борозенки. Це викликає інтенсивне зростання тягового опору і вимагає додаткового очищення їх поверхонь чистиками.

Найбільш прийнятним, по - нашій думці, являється сошник у вигляді катка, який має по периферії вузький клиновидний обід. Така форма дозволяє сошнику легко входити в ґрунт і ущільнювати дно борозни. Утворення борозни за допомогою катка з клиновидним ободом дозволяє зберегти в конструкції переваги, властиві сошникам кочення, ефективність їх роботи за наявності в ґрунті рослинних залишків.

У нашій країні розвиток сошників робочих органів для зернових сівалок відбувається дещо повільніше, ніж в зарубіжних країнах. Перевага віддається, в основному, дводисковим сошникам і сошникам для ґрунтово-розкидного посіву насіння. У США застосовуються дводискові, анкерні і однодискові сошники. У Європі, завдяки високій культурі землеробства, отримали поширення наральникові сошники з тупим кутом входження в ґрунт [8], [21].

Нині основним напрямом розвитку що закладають робочих органів в нашій країні є створення комбінованих робочих органів для поєднання операцій обробки ґрунту і посіву [5], створення загортачів робочих органів для прямого посіву, посіву по заздалегідь необробленому ґрунту [6, 9], застосування коткових органів з клиновидною робочою поверхнею [12].

Також удосконалюються вже існуючі робочі органи, пропонуються нові матеріали для їх виготовлення [13], змінюється конструктивне виконання в цілях підвищення надійності і довговічності.

РОЗДІЛ 2. Теоретичне обґрунтування пропонованої технології висіву насіння в ґрунт і основи параметрів конструкції робочого органу

2.1. Пропонована технологія висіву насіння в ґрунт.

На основі проведеного аналізу існуючих технологій висіву насіння в ґрунт, нами пропонується нова технологія висіву насіння, що включає зрізування пожнивних залишків і грудок ґрунту на поверхні поля, в ґрунті борозни клиновидної форми з ущільненими дном і стінками борозни, укладання насіння на дно борозни і закриття її згори рихлим ґрунтом.

Борозна клиновидної форми формується шляхом прорізання шару ґрунту на певну глибину так, що утворюється ущільнене дно, що має необхідну ширину для хорошого контакту насіння з ґрунтом, і ущільнені стінки, нахилені під певним кутом до дна борозни.

Ущільнене дно борозни викликає підтікання води і поживних речовин до насіння, що сприяє їх кращому проростанню. Ущільнення стінок борозни не дозволяє ґрунту обсіпатися і закривати дно борозни до укладання в неї насіння. Закриття насіння згори рихлим ґрунтом перешкоджає випару води і в той же час забезпечує приплив повітря до насіння, що також сприятливо позначається на їх проростанні і подальшому розвитку сходів.

Для здійснення запропонованої технології нами розроблений закладаючий робочий орган - сошник. Поставлена мета досягається тим, що два борозноутворюючого котка встановлені паралельно напрямку руху і виконані у вигляді дискового ножа з різальною кромкою, по обидві сторони якого болтами кріпляться борозноутворюючі накладки з полімерного матеріалу.

На рис. 2.1. зображена сівалка з пропонованим пристроєм для посіву насіння зернових культур - загальний вигляд, на рис. 2.2 – модернізоване облаштування для посіву насіння зернових культур в розрізі. Із зовнішнього боку дискового ножа 1 (Рис. 2.2) прикріплена маточина 3 і кришка 4, усередині якої знаходиться кульковий підшипник 5. У внутрішньому кільці кулькового підшипника 5 запресований стержень болта 6. Між дисковим ножом 1 і бічним круглим виступом 7 корпусів 8 знаходиться гумовий кільцевий ущільнювач 9.

Корпус 8 має згори гребінь 10, в передній частині у якого є гніздо 11 для кріплення поводка 12 (Рис. 2.2), а в задній - розтруб 13, до якого приєднується насіннепровід 14, а до нижньої частини прикріплена ділильна воронка 15. Впровадження сошників в ґрунт здійснюється під натиском спіральних пружин 16, надітих на штанги 17, нижні кінці яких спираються на поводки 12, а верхні сполучені шарнірно з вилками підйому 18.

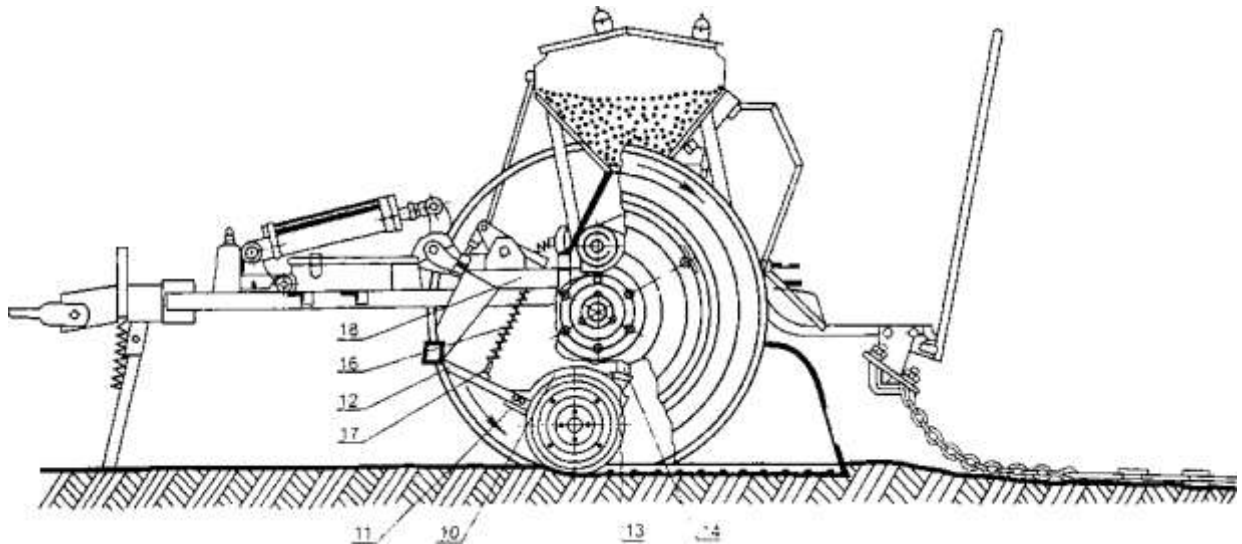


Рис 2.1. Сівалка з пропонованим пристроєм для посіву насіння зернових культур: 10 - гребінь, 11 - гніздо, 12 - поводок, 13 - розтруб, 14 - насіннепровід, 15 - ділильна воронка, 16 - пружина, 17 - штанга, 18 - вилка підйому.

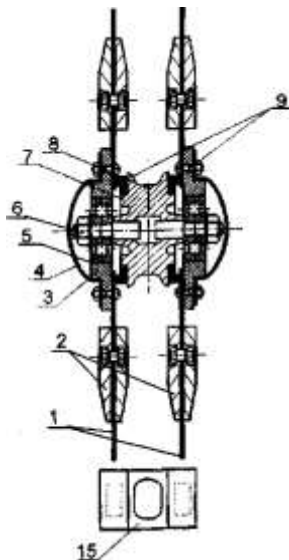


Рис. 2.2. Облаштування для посіву насіння зернових культур: 1 - дисковий ніж, 2 - борозноутворююча накладка, 3 - маточина, 4 - кришка, 5 - підшипник, 6 - болт, 7 - бічний виступ, 8 - корпус, 9 - гумовий ущільнювач, 15 - ділильна воронка.

Облаштування для посіву насіння зернових культур в умовах підвищеної вологості ґрунту працює таким чином. Діскові ножі 1 з борозноутворювальними накладками 2 поглиблюються в ґрунт під натиском спіральних пружин 16, надітих на штанги 17. При пересуванні пристрою дискові ножі 1 обертаються від тертя з ґрунтом на кулькових підшипниках 5 і прорізають поля, що залишилися на поверхні, пожнивні остатки і грудки ґрунту, а борозноутворюючі накладки 2 формують правильну геометричну форму борозни.

Оскільки борозноутворюючі накладки 2 виготовлені з полімерного матеріалу того, що володіє гідрофобними властивостями, знижується вірогідність залипання робочих поверхонь вологим ґрунтом, а також підвищується рівномірність висіву насіння по глибині за рахунок збереження агротехнічних необхідної геометричної форми борозни. При цьому, насіння зернових культур по насіннєпроводу 14 спрямовується в ділильну воронку 15, в якій потік насіння розділяється і укладається рівномірно на дно борозни.

Для відвертання попадання піску і пилу на кульковий підшипник 5, маточина 3 зовні закрита кришкою 4, а зсередини між бічним круглим виступом 7 і корпусом 8 знаходиться гумовий кільцевий ущільнювач 9.

Таким чином, пропонований пристрій для посіву насіння зернових культур забезпечує рівномірність розподілу насіння і підвищує працездатність пристрою за рахунок зниження залипання робочих поверхонь ґрунтом і пожнивними залишками при посіві насіння зернових культур в умовах підвищеної вологості ґрунту. Крім того, використання пристрою дозволяє забезпечити насіння необхідною площею живлення і провести посівні роботи в необхідні агротехнічні терміни.

Застосування облаштування для посіву насіння зернових культур на вологих і перезволожених ґрунтах буде спонукати зниженню витрати паливо-мастильних матеріалів внаслідок зменшення тягового опору сівалки.

2.2. Визначення реакцій ґрунту, що діють на лезо, борозноутворювальний диск і щільність ґрунту, що створюється диском на дні борозни

Борозноутворювальний диск пропонованого пристрою є клиновидним катком. Питаннями кочення катка або колеса з жорстким ободом займалися багато учених: А. А. Андрєєв, В. Ф. Бабков, В. П. Горячкін, В. А. та ін.

Борозноутворювальний диск має циліндричну частину радіусу r_1 ; і шириною b_1 , і конічну частину з кутом конусності α , заввишки h_k і шириною b^0 (рис. 2.3; 2.4). При коченні по ґрунту диск діє подібно до катка, утворюючи борозну глибиною h^0 за рахунок зім'яло ґрунту, який при цьому випробовує деформацію стискування.

Ґрунт складається з твердої фази, вологи і повітря. Тверда фаза складається з мікро- і макроагрегатних часток, які так розташовані один відносно одного, що між ними утворюються порожнечі, заповнені водою і повітрям. Розмір цих порожнеч характеризується пористістю ґрунту. Тверда фаза ґрунту має питому масу (щільність).

Питома маса твердої фази є характеристикою речовини ґрунту, як і всякого іншого тіла і тому вона залишається незмінною при будь-яких діях на ґрунт. Щільність структури ґрунту характеризує ґрунт як комплексну структуру, що складається з твердих часток і порожнеч, що знаходяться між ними. Тверді частки можуть розташовуватися більш менш близько один до одного, утворюючи ґрунтовий скелет, при цьому змінюються пористість ґрунту n і загальний об'єм V .

В результаті змінюється щільність структури ґрунту ρ , яка і визначає необхідні умови для проростання насіння.

Піддаючи ґрунт стискуванню, можна тісніше зблизити тверді частки, збільшивши щільність структури ґрунту. При цьому, чим більше збільшується щільність, тим велике навантаження треба прикласти.

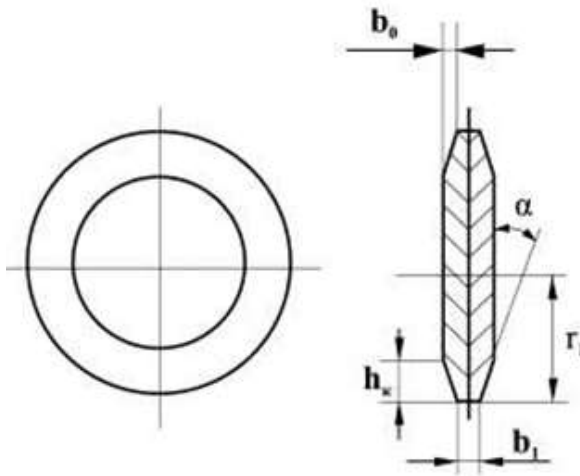


Рис. 2.3. Схема борозноутворюючого диска.

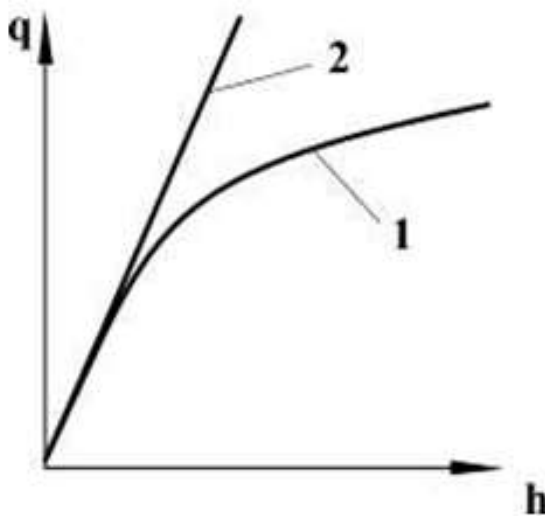


Рис. 2.4. Залежність спротиву ґрунту від глибини втрамбування

При невеликих глибинах, що відповідають глибині закладення насіння, можна прийняти пропорційну залежність.

Значення коефіцієнта q складає для стерні $10 \dots 20 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^3$, для зайнятої пари - $5 \dots 7 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^3$, для свіжозораного ґрунту - $2 \dots 4 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^3$ [2, 5]. Виходячи з цього можна визначити реакції ґрунту, що діють на борозноутворювальний диск при роботі.

При русі диска в ґрунті на кожен елементарний майданчик заглибленої частини леза, різального ґрунту (дуга АВ напівсегменту ABC, рис. 2.5), діє елементарна сила p , яка є питомим опором ґрунту тому, що зім'яло

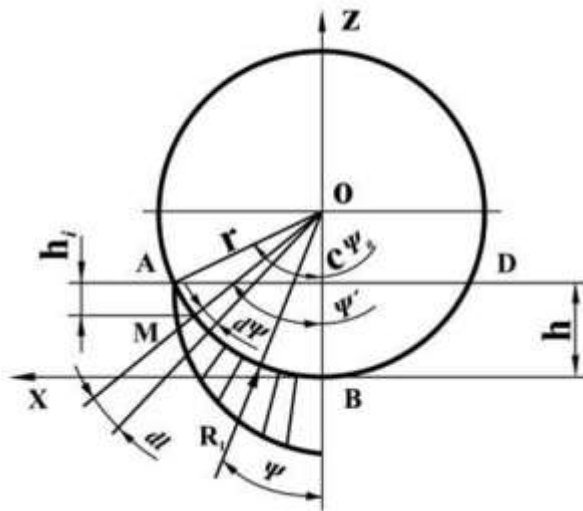


Рис. 2.5 Схема до визначення сил, що діють на лезо диска із сторони ґрунту.

Коефіцієнт μ залежить від великого числа змінних (діаметру і швидкості сошника, типу і вологості ґрунту і т. д.). При виведенні загальних аналітичних залежностей, у тому числі і сили різання R_1

При нагоді, коли диск з борозноутворювальними накладками перекочується по ґрунту на глибині h^0 (рис. 2.6; 2.7; 2.8; 2.9), нормальна реакція на ободі змінюється з глибиною h .

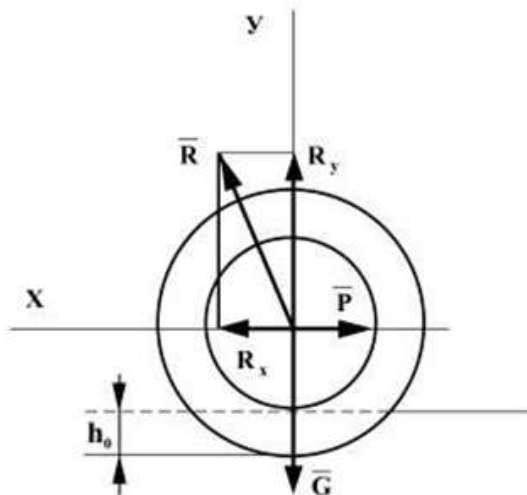


Рис. 2.6. Схема взаємодії борозноутворювальної накладки

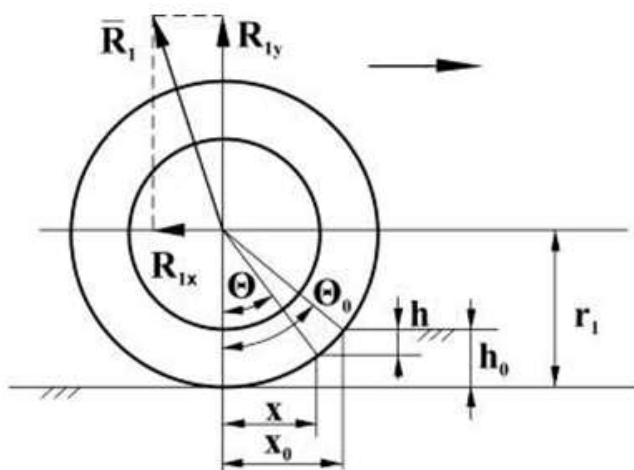


Рис. 2.7. Схема сил, діючих на циліндричну частину бороздоутворювальної накладки.

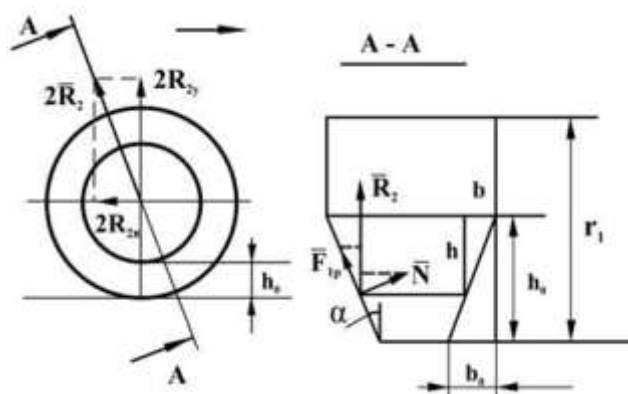


Рис. 2.8. Схема сил, що діють на конічну частину бороздоутворювальної накладки.

Визначають значення реакцій, що діють на борозноутворюючі накладки. Для практичних розрахунків можна прийняти, з достатньою мірою точності, що $R_{1y} \approx R_1$; $R_{2y} \approx R_2$ (згідно з роботами В.П. Горячкіна).

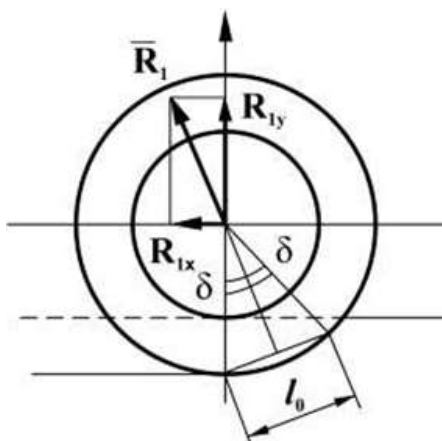


Рис.2.9. Визначення тиску, що робиться ободом борозноутворюючої накладки на дно борозни.

Щільність ґрунту на дні борозни можна визначити по коефіцієнту пористості.

При роботі борозноутворююча накладка повинна утворювати борозну шляхом того, що зім'яло ґрунт. Для цього необхідно, щоб борозноутворююча накладки, переміщаючись в ґрунті на певній глибині, перекичувалися по ній, а не зминала його перед собою. Це буде досягнуто при достатньому коефіцієнті тертя ґрунту об поверхню борозноутворюючих накладок.

Процес кочення здійснюватиметься у тому випадку, якщо момент опору при коченні менший, ніж момент опору при ковзанні (рис 2.10).

Перекичування диска з борозноутворювальними накладками на глибині h^0 . Проте, диск не повинен також зминати ґрунтові грудки, що знаходяться на поверхні ґрунту. Отже, для нормальної роботи потрібне затискання ґрунтових грудок.

Таким чином, визначають допустимий діаметр леза борозноутворювального диска, який визначається глибиною його ходу і тертям ґрунту об диск і ґрунти.

Виходячи з описаного вище видно, що зі збільшенням коефіцієнтів тертя мінімальний допустимий діаметр диска зменшується.

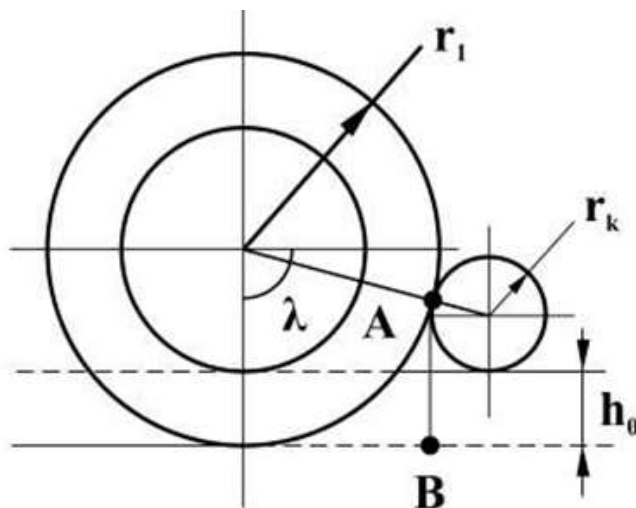


Рис. 2.10. Схема взаємодії леза борозноутворювального пристрою і ґрунтової грудки.

По дослідженнях П.У. Бахтина коефіцієнт тертя ґрунту об сталь для звичайного чорнозему складає при вологості 16...25 0,62...0,89, а коефіцієнт внутрішнього тертя 0,5...0,6.

Для мінімальних значень коефіцієнтів тертя і радіусу грудки $r_k = 0,5 \text{ см}$ мінімальний діаметр леза борозноутворювального пристрою складе 0,29 м.

Ширина обода борозноутворювальних накладок визначають ширину дна борозни, на яку укладатиметься насіння.

Ширина дна борозни має бути достатньою для укладання насіння, що поступило від висіваючого апарату, і хорошого контакту їх з ущільненим ґрунтом. Для цього необхідно, щоб ширина обода була більше максимальної довжини насіння, що укладалося, тобто: $1 \phi l_{\max}$

Висота конічної частини борозноутворювальної накладки вибирається виходячи з оптимальної глибини закладення насіння в ґрунт, який складає 0,06 м. Перевищення цього значення при цьому вуглі конусності недоцільне із-за збільшення матеріаломісткості борозноутворювального пристрою і за конструктивними параметрами.

Таким чином приймаємо висоту конічної частини борозноутворювальної накладки $h_k = 0,06 \dots 0,08 \text{ м}$.

Кут конусності конічної частини борозноутворювальної накладки визначає кут нахилу стінок борозни. Стінки борозни не повинні передчасно обсипатися, що приведе до закриття ущільненого дна і укладання насіння на рихлий шар ґрунту.

Осипання ґрунту із стінок борозни відбувається під дією сили тяжіння, що діє на ґрунтові частки. Перешкоджає цьому процесу сила внутрішнього тертя в ґрунті, і, крім того, різних ґрунтах діє сила зчеплення часток ґрунту один з одним. Мірою опору руху ґрунтових часток в зв'язному ґрунті служить коефіцієнт зрушення f_s , який грає таку ж роль, як коефіцієнт внутрішнього тертя в сипких матеріалах. Причому коефіцієнт зрушення для ґрунтів, що деформуються, є величиною змінної і залежить від величини зовнішнього навантаження, прикладеного до ґрунту.

На частку ґрунту, що знаходиться на стінці борозни, діє сила тяжіння G , сила опору зрушенню T і нормальна реакція N (рис 2.11).

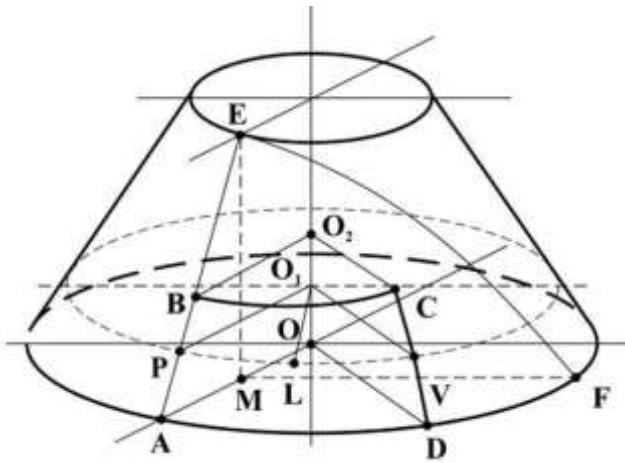


Рис. 2.11. Схема до визначення площі дії реакції N на борозноутворювальну накладку.

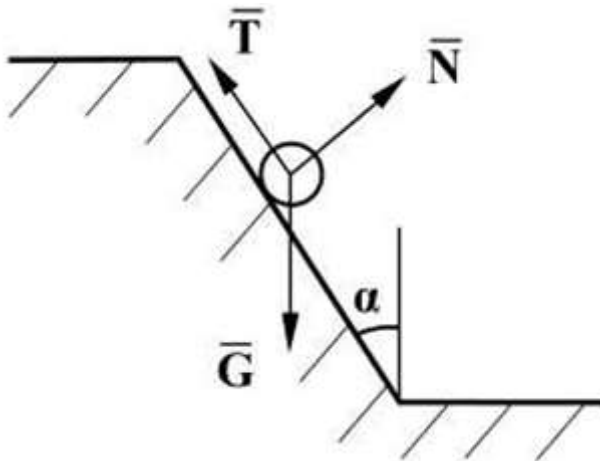


Рис.2.12. Схема сил, що діють на частку ґрунту, що знаходиться на стінці борозни.

2.3. Дослідження стійкості глибини ходу сошника

Як вже відзначалося вище, для глибин 2-4, 4-5, 6-8 см, відхилення, що допускається за агротехнічними вимогами, відповідно, дорівнює $\pm 0,5$; $\pm 0,7$; ± 1 см. Необхідно, щоб пропонований сошник забезпечував вказану рівномірність закладення. Оскільки можливість осипання ґрунту із стінок борозни і захоплення насіння робочими поверхнями сошника зведена до мінімуму, то основним чинником нерівномірності глибини закладення насіння є зміна глибини ходу борозноутворювальних накладок.

Зміна глибини ходу сошника під час роботи відбувається в результаті зміни зовнішніх дій на нього. При русі сошника на нього діють наступні сили:

G - сила тяжіння, Н;

R_x, R_y - вертикальна і горизонтальна складові реакції ґрунти, Н;

Q - сила напруги пружини, Н. Позначимо:

l, l_Q, l_G - відстані від осі підвісу до точок прикладення сил, м;

H - висота підвісу сошника, м;

h - глибина ходу сошника, м;

φ - кут відхилення поводка від вертикалі. Як видно з рисунка 2.12.

$$h = l \cos \varphi - H + r$$

При роботі сошник випробовуватиме зовнішні дії у вигляді змін реакції ґрунту R_x , і R_y , залежних від твердості ґрунту, і зміни висоти підвісу H , визначуваної профілем поверхні поля (рис. 2.13)..

Оскільки опір ґрунту, що характеризується твердістю, робить великий вплив на коливання глибини ходу сошників, чим профіль поверхні поля. Отже, при розрахунках можна прийняти $H = \text{const}$. Реакції ґрунту R_x , і R_y вираховані, залежать від коефіцієнта об'єму, що зім'яло ґрунту q .

Зміна коефіцієнта q викликає коливання сошника відносно положення рівноваги. Тоді рівняння коливань сошника може бути записане [19]:

$$J\Delta - Gl\Delta \sin - R\Delta l\Delta \sin - R\Delta l \cos = Ql ,$$

де J - момент інерції сошника відносно осі підвісу, Н·м²
 ε - кутове прискорення сошника.

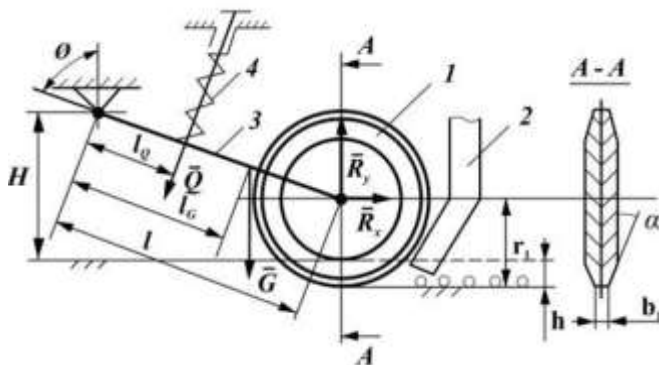


Рис. 2.13. Схема сил, що діють на пропоноване борозноутворюючий пристрій: 1 - борозноутворюючі накладки, 2 - напрямник насіння, 3 - поводок, 4

- нажимная штанга з пружиною.

Приймаємо напрям вектору Q перпендикулярним осьовій лінії поводка. Представимо $\varphi = \varphi_0 + \Delta\varphi$, де φ_0 - кут ув'язнений між вертикаллю і лінією поводка в рівноважному положенні; $\Delta\varphi$ - відхилення сошника від положення рівноваги. Приймаємо, з - за кріхті $\Delta\varphi$, $\cos\Delta\varphi = 1$; $\sin\Delta\varphi = \Delta\varphi$.

Як видно з приведених вище залежностей, до конструктивних параметрів безпосередньо сошника (без урахування підвіски), що впливає на зміну глибини його ходу, відносяться: радіус r_1 , кут конусності α і ширина циліндричної частини b_1 борозноутворювальної накладки. Ці параметри оптимізуються відповідно до вимог рівномірності закладення насіння. Зусилля стискування пружини, необхідне для заглиблення сошника на глибину h^0 , визначається з умови статичної рівноваги.

Розподіл насіння на дні борозни на ділянці H_s при посіві можна розглядати як процес послідовного висіву насіння у відрізки завдовжки, на які умовно в подовжньому напрямі розділена смуга b (рис. 2.14), що засівається, на смужки j_m , які умовно розділені в поперечному напрямі. Смужки і відрізки утворюють квадрати. Кожне зерно на ділянці h^0 зміщується від місця відображення одночасно уздовж борозни на величину Δ і верб сторону - на величину Δj .

Величини цих зміщень для конкретного зерна є незалежними випадковими величинами.

Для моделювання процесу посіву за викладеною схемою необхідно мати імовірнісні характеристики наступних чинників :

1. Варіації рівномірності (інтенсивність) початкового потоку насіння, що поступає з насіннєпровода в розсіювальний патрубок катка, при збереженні постійної середньої кількості насіння t_s на одиницю довжини смуги, що засівається.

2. Варіації розсіювання насіння від точки відображення, уздовж смуги, що засівається. Варіації можуть залежати від ряду чинників, як наприклад,

швидкість переміщення сівалки, вид насіння, конструкція розсіювального облаштування та ін.

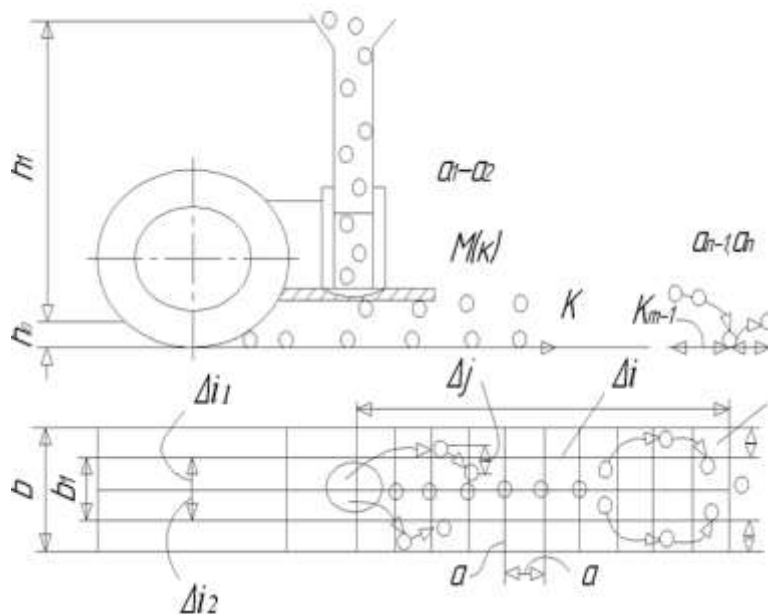


Рис. 2.14. Схема процесу розподілу насіння на дні борозни.

3. Варіації розсіювання насіння від точки відображення в поперечному напрямі по ширині смуги, залежать головним чином від форми борозни, структури ґрунту і від конструкції борозноутворювального пристрою.

Вплив перерахованих чинників призводить до того, що при постійному t_c розподіл насіння в різних умовах посіву виходить різним. Для зручності проведення розрахунків величина t_c приймається близькою до одиниці.

Моделюється посів на ділянці H_s , що імітує що засівається катком-сошником смуги. Ділянка розбивається на $(2j m c i)$ подовжніх смужок шириною a по K_t одиниць довжини кожна.

Таким чином, площа S_H ділянки H_s рівна $S_H = (2j m c i) K_t$ розрахункових квадратів і має бути досить великої для зменшення статистичної помилки.

В якості початкових даних, що визначають різні умови посіву задаються імовірнісні характеристики в ході нормованих розподілів вірогідності.

Розподіл вірогідності $P(M)$ визначає вірогідність попадання на стінки і дно борозни і рівно M насіння при пересуванні сівалки на відстань l уздовж борозни. Тут $P(M)$ дорівнює 0, 1, 2, 3, ..., M . При цьому $M = M'$.

$$M = M P (M) 1. M = 0$$

Розглядаються тільки зміщення, кратні одиниці довжини a , оскільки зерно представляється безрозмірною точкою, то випадок надання зернятка на межі квадратів практично виключається при використанні в ЕОМ числа двійкових розрядів. У програмі є блок-датчик псевдовипадкових чисел, який, в міру необхідності, видає випадкові числа ξ , рівноімовірно розподілені в інтервалі від 0 до 1.

Початкові імовірнісні характеристики висіву і розсіювання насіння для проведення розрахунків мають бути отримані експериментальним шляхом.

При вивченні впливу тих або інших чинників на розподіл по площі, відповідні характеристики можуть бути задані.

Моделювання числа насіння, що поступає у борозенку і розсіяних на K_t і $K_t - 1$ ділянках борозни, робиться за допомогою випадкового числа ξ . Тому є таке число насіння M , яке задовольняє умові:

$$M = M M = 0; P (M) \pi \xi K; M = M' + 1; P (M).; V = 0$$

Розсіювання насіння, що висівається на K_t ділянці ряду, в поперечному і подовжньому напрямках при русі сівалки призводить до розподілу насіння по площі.

Для кожного з $M (K)$ насіння, випадного на ділянці K_t , розглядається операція розсіювання, яка зводиться до визначення зміщень Δi і Δj , виражених цілими числами. Ці зміщення також визначаються за допомогою випадкових чисел ξ_2 і ξ_3 .

Таким чином, визначаються квадрати, куди потрапляє насіння, номери квадратів по горизонталі D_o і номери смуг j_o . Подібна операція проводиться на усіх ділянках в інтервалі від $D_o = D_o' = 1$ до $D_o = K_t$. В результаті виходить розподіл насіння по квадратах усієї ділянки, тобто число насіння $m (j_o, K)$ в кожному квадраті, розташованому в смужці j_o і з номером K . Для кожної смужки j знаходиться середнє число насіння на квадрат.

Після цього підраховується число квадратів N_p с 0, 1, 2, ..., p зернами і число N_{oo} здвоєних порожніх квадратів. По співвідношенню частот R_p

квадратів з різним числом насіння в них можна визначити закон розподілу і зробити укладення про рівномірність розподілу насіння на дні борозни при цій нормі висіву.

Для моделювання процесу посіву за викладеною схемою необхідно мати вірогідні характеристики наступних чинників :

1. Варіації рівномірності (інтенсивності) початкового потоку насіння, що поступає в закладаючий робочий орган, при збереженні постійним середньої кількості насіння m на одиницю довжини смуги, що засівається.

2. Варіації розсіювання насіння від точки відображення уздовж смуги, що засівається. (Варіації можуть залежати від ряду чинників, як, наприклад, швидкість переміщення сівалки, виду насіння і конструкції закладаючого пристрою).

3. Варіації розсіювання насіння від точки відображення в поперечному напрямі по ширині смуги, залежні головним чином від конструкції закладаючого пристрою - сошника.

Для моделювання розподілу по площі рослин потрібні ще показники польової схожості насіння, тобто вірогідність появи з цього насіння паростка і виживання його до моменту виходу на поверхню ґрунту.

Вплив перерахованих чинників призводить до того, що при постійному m розподіл насіння і рослин за різних умов посіву виходить різним.

Початкова вірогідність характеристики висіву насіння для проведення розрахунків мають бути отримані експериментальним шляхом. При вивченні впливу тих або інших чинників на розподіл насіння відповідні характеристики можуть бути задані.

Тобто робиться порівняння рівномірно розподіленим від 0 до 1 випадкової величини з імовірністю. Якщо i - танучи реалізація цієї випадкової величини $\xi \leq P_0$, то приймається, що у відрізок a_i зерно не поступило, якщо $P_0 < \xi_1 \leq P_0 + P_1$ приймається, що у відрізок " a_i " є одно зерно, якщо $P_0 + P_1 < \xi_1 \leq P_0 + P_1 + P_2$ - 2 зерна і так далі.

Виконанням такого "розіграшу" над усіма відрізками $Д_0$ від 1 до $КМ$ визначається послідовність відрізків з кількістю насіння, що поступає в них.

2 етап. Моделювання розсіювання насіння по площі. Розсіювання насіння, що висівається на $К$ -м ділянці рядка, в поперечному і подовжньому напрямках при русі сівалки призводить до деякого розподілу насіння по площі.

Для кожного з $М$ ($к$) насіння, що падає на ділянці $Д_0$, розглядається операція розсіювання, яка зводиться до визначення зміщень Δi і Δj , виражених цілими числами. Ці зміщення так само визначаються за допомогою випадкових чисел ξ_2 і ξ_3 і таблиць $/II/$ і $/III/$ вірогідність $P(\Delta i)$ і $P(\Delta j)$.

Таким чином, визначаються координати, куди потрапляє насіння, номери квадратів по горизонталі $Д_0$ і номери смуг j . Запам'ятовуються координати квадрата j і $Д_0'$, куди потрапляє одно з $М$ ($К$) зерен з ділянки $К$. Подібна операція проводиться на усіх ділянках від $Д_0=1$ до $Д_0=КМ$. В результаті виходить розподіл насіння по квадратах усієї ділянки, тобто число насіння $m(j, K)$ в кожному квадраті, розташованому в смужці j і з номером $К$.

Моделювання розподілу сходів по площі. Вивчення значення вірогідності проростання насіння $P < 1$ можна визначити розподіл сходів $P(j, K)$ в тих квадратах, де було розподілено $М(j, K)$ насіння. В цьому випадку для кожного з $М(j, K)$ насіння робиться перевірка за допомогою випадкового числа ξ .

Якщо виявиться, що $\xi < P$, то вважається, що проростання сталося. Якщо ж $\xi \geq P$, то насіння загинуло.

Для розподілу $P(j, K)$ робиться така ж обробка по смугах j , як і для $М(j, K)$. Виходять відповідні характеристики розподілу рослин по площі посіву.

На цьому розрахунок закінчується.

Зокрема, розроблений пристрій для розкидного посіву насіння, що містить раму і послідовно встановлені на ній борозноутворювальний каток з ребристими виступами, бункер з розкидаючим висіваючим апаратом і закладаючий робочий орган.

РОЗДІЛ 3. Охорона праці.

3.1 Аналіз умов та заходів з охорони праці.

Весняно-польові роботи – це напружений етап річного циклу агропромислового виробництва. У цей час значно зростають обсяги та інтенсивність виконання відповідних технологічних операцій, пов'язаних із посівною кампанією, зокрема, зростає кількість осіб, що беруть участь у виробництві, збільшується кількість задіяної техніки та працівників, тривалість сільськогосподарських робіт протягом доби тощо. Усе це пов'язано із великою кількістю травмонебезпечних ризиків та об'єктивно збільшує вірогідність травматизму, особливо при недотриманні вимог нормативно-правових актів з охорони праці та промислової безпеки і внаслідок неналежної організації робіт.

Вимоги безпеки під час виконання робіт у сільськогосподарському виробництві регламентують Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві, затверджені наказом Міністерства соціальної політики України від 29.08.2018 № 1240, зареєстровані у Міністерстві юстиції України 21.09.2018 за № 1090/32542 (НПАОП 01.0-1.02-18); Правила охорони праці під час технічного обслуговування та ремонту машин і обладнання сільськогосподарського виробництва, затверджені наказом Міністерства праці України від 30.11.2001 № 512 (НПАОП 01.41-1.01-01).

3.2 Аналіз виробничих небезпек, їх джерел, причин виникнення;

Під час обробітку ґрунту, сівби, сільськогосподарських культур можуть діяти небезпечні і шкідливі виробничі фактори, що може призвести до нещасного випадку:

- зовнішні метеорологічні фактори (вітер, опади, гроза, сонячна радіація, низька або висока температура зовнішнього повітря, ожеледиця тощо);
- неправильні режими роботи технологічних систем;
- транспорт, що рухається;
- рухомі агрегати і машини, пристрої, робочі органи тощо;
- устаткування, що працює під тиском;

Вимоги безпеки під час обробітку ґрунту, сівби, садіння:

1. Завантаження сівалок і садильних машин насінням, садильним матеріалом та добривами повинно бути механізованим. Ручне завантаження допускається лише за умови зупинення посівного або садильного агрегату та вимкнення двигуна трактора.

2. Машини повинні бути укомплектовані необхідними засобами для очищення робочих органів. Очищення або технологічне регулювання робочих органів на агрегаті, що рухається, або при працюючому двигуні забороняється.

3. Перед початком руху агрегату, ввімкненням гідросистеми або валу відбору потужності трактора необхідно подати сигнал (отримати зворотній сигнал, якщо агрегат обладнано засобами двосторонньої сигналізації), впевнитися, що це нікому не загрожує, і тільки після цього виконувати необхідні дії.

4. Заглиблення робочих органів повинно виконуватися тільки на ходу агрегату. Керувати робочими органами, а також переводити їх в робоче або транспортне положення необхідно тільки з кабіни трактора.

5. При роботі на тракторі з навісною машиною не дозволяється її піднімати з увімкненим валом відбору потужності і вмикати вал відбору потужності при транспортному положенні машини (знаряддя).

6. Зчеплення та навішування машин і обладнання на трактор необхідно виконувати удвох. Працівник, який здійснює зчеплення (навішування), не повинен стояти на шляху руху трактора, а зчеплення починати тільки після сигналу тракториста. З'єднувати причіпну сергу з причіпним пристроєм машин потрібно тільки при зупиненому тракторі і вимкненій передачі.

7. Не дозволяється залишати без нагляду ґрунтооброблювальний агрегат з увімкненим двигуном трактора. При тривалій зупинці агрегату необхідно його загальмувати, опустити робочі органи і вимкнути двигун.

8. При аварійній ситуації необхідно негайно зупинити агрегат, загальмувати й вимкнути двигун трактора.

9. В процесі роботи агрегату необхідно періодично перевіряти надійність причіпки (навіски) причіпної машини, кріплення і роботу робочих органів.

10. Заправляти машину, замінювати, регулювати й очищати робочі органи від зайвих предметів, земляних глиб, налиплого ґрунту і залишків рослин необхідно тільки при зупиненому агрегаті, опущених робочих органах та в рукавицях із застосуванням спеціальних засобів для очищення (скребки) при вимкненому двигуні трактора.

11. Сівальник під час виконання робіт повинен бути одягнений у спецодяг, спецвзуття, використовувати засоби індивідуального захисту (захисні окуляри, респіратор).

12. При виявленні вибухонебезпечних предметів (снарядів, мін, гранат тощо) всі роботи на ділянках повинні бути негайно призупинені, межі ділянки позначені попереджувальними знаками «Обережно! Небезпека вибуху». На ділянці повинна бути організована охорона, а в органи МНС необхідно негайно передати повідомлення.

3.3 Аналіз шкідливих виробничих факторів, їх джерел, причин виникнення;

Під час обробітку ґрунту, сівби, садіння, забороняється:

- заміна, регулювання та очищення робочих органів машин при ввімкненому двигуні трактора;
- перебування людей у зоні можливого руху маркерів або навісних машин при розвороті машинно-тракторних агрегатів;
- заміна, очищення та регулювання робочих органів навісних машин і знарядь, які перебувають у піднятому стані, дозволено після вжиття заходів, що запобігають їх самовільному опусканню;
- експлуатація машин без передбачених конструкцією огорож рухомих елементів;
- підніматися або спускатися з машин під час їх руху;

Вимоги безпеки під час експлуатації сільськогосподарської техніки

1. Вузли та елементи сільськогосподарських машин, що рухаються, обертаються та можуть становити небезпеку, мають бути огорожені захисними кожухами, які забезпечують безпеку працівників.

2. Не дозволяється:

- експлуатація несправних машини та обладнання;
- експлуатація сільськогосподарських тракторів без електростартерного запуску двигуна та з відсутньою або несправною системою блокування запуску двигуна за ввімкнутої передачі.

3. Зовнішні поверхні всіх захисних засобів, приводів і карданів повинні бути пофарбовані в жовтий сигнальний колір.

4. Сівалки, ґрунтооброблювальні та посадкові машини, що допущені до експлуатації, повинні мати:

- справне сидіння сівача, площадку або підніжну дошку й поручні;
- підніжну дошку шириною не менш 350 мм і запобіжні бортики висотою 100 мм;
- гладкі й надійно закріплені поручні на висоті 1 м, якщо конструкцією передбачене робоче місце;
- захисні огороження рухливих деталей приводних передач;
- підключені прилади двосторонньої сигналізації;
- надійне кріплення маркерів у транспортному положенні;
- надійне з'єднання сім'япроводів з коробками сівальних апаратів;
- захисне огороження робочих органів фрез ґрунтооброблювальних машин, що мають примусовий привід і під час роботи розташовані над поверхнею ґрунту;
- справні та надійно закріплені циліндри і шланги гідравлічної системи машини;
- захисне огороження карданних валів приводу машин.

3.4 Моделювання виробничих небезпек при зварювальних роботах.

Основними причинами травматизму під час посівних робіт є:

- відсутність чи несправність транспортних засобів для транспортування;
- підвищена загазованість робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищена або знижена рухомість повітря;

– гострі краї, задирки й шорсткість на поверхнях конструкцій, інструменту й обладнання; розміщення робочого місця на значній висоті відносно поверхні землі (підлоги).

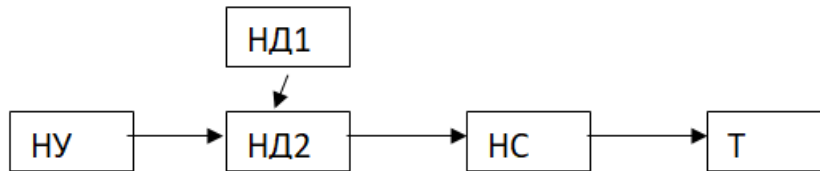


Рис. 4.1 Моделювання небезпечної ситуації під час роботи на СТО

НУ – Невиділені частини механізмів які мають підвищену небезпеку.

НД 1 – Розпізнавальні знаки погано розпізнаються;

НД 2 – Працівники близько знаходяться біля деталей, що обертаються, мають підвищену небезпеку.

НС – Вдихання шкідливих парів отрутохімікатів, запаморочення.

Т – Травма.

Висновки по розділу.

Для запобігання травмам, пов'язаним зі складальними і транспортними операціями (травми механічного характеру), важливе значення має впровадження комплексної механізації та автоматизації.

Крім цього, керівники повинні знати, що роботи належать до робіт підвищеної небезпеки, виконання яких здійснюється роботодавцем на підставі декларації відповідності матеріально-технічної бази вимогам законодавства з питань охорони праці. Декларація видається у встановленому порядку Головним управлінням Держпраці та її територіальними органами.

РОЗДІЛ 4. Обґрунтування досягнень..

Аналізом існуючих конструкцій сошників встановлено, що основний напрям їх вдосконалення - підвищення міри працездатності шляхом оптимізації підвіски сошників, введення в конструкцію нових елементів у вигляді скребків і відбивачів.

Проте, при роботі таких сошників в умовах підвищеної вологості ґрунту, згадані удосконалення (шкрябання і відбивачі) самі стають об'єктами налипання ґрунту, що призводить до зниження якості посіву, збільшення енергетичних витрат на проведення технологічного процесу висіву насіння.

1. Отримані теоретичні залежності, що дають основу для вибору основних технологічних, кінематичних, енергетичних і робочих параметрів борозноутворюючого робочого органу посівної машини, а також формули, що дозволяють визначити основні параметри борозноутворюючого диска посівної машини, які важливі при створенні і проектуванні нових посівних агрегатів для роботи в умовах підвищеної вологості ґрунту.

2. Розроблена математична модель і програма для розрахунку процесу розподілу насіння на дні борозни.

3. Встановлено, що на чорноземних ґрунтах опір зрушенню починає уменшуватися вже при невеликих збільшеннях вологості - 2.4. Його зменшення закінчується при вологості 15-20%. Опір зрушенню чорнозему помітно нижче.

4. Встановлено, що профіль катка за типом гострого клину при взаємодії з ґрунтом формує борозенки різного профілю. Цей процес залежить від вологості ґрунту і швидкості руху катка. Істотний вплив на величину тягового опору борозноутворюючого катка робить швидкість руху. Зі збільшенням швидкості руху з 1,0 до 4,0 м/с тяговий опір борозноутворюючого катка зростає на 20... 25% в той час як у сошника серійної сівалки цей показник зростає до чотирьох разів.

5. Встановлено, що при нормі висіву насіння 4 млн. шт/га і при розмірі квадратів 5х5 см, максимальна частота квадратів з одним сім'ям досягає 0,369

або 36,9. При цьому буде стільки ж порожніх квадратів, 17,3 з двома насінням, 6,5 з трьома і інші 2,4 - з чотирма і більше насінням.

6. Виробничі випробування показали, що питомий тяговий опір сівалки дослідного зразка на нижче, чим контрольної серійної сівалки СЗ- 3,6. Встановлено, що при роботі борозноутворюючого катка насіння закладається на задану глибину 5 ± 1 см, а при роботі серійної сівалки насіння розподіляється, по глибині, починаючи від 1 см до 10 см, нерівномірно, в необхідному інтервалі виявляються всього насіння.

7. Встановлено, що більше рівномірне висіву насіння усіх сільськогосподарських культур по глибині, а також значно менша налипаємість (і внаслідок цього більш висока якість посіву) спостерігається при використанні модернізованої сівалки, що дозволило збільшити врожайність ярової пшениці на 1,4 ц/га, ячменю на 5,1 ц/га, рапсу на 41,3 ц/га, гороху на 2,1 ц/га.

На підставі проведеного аналізу науково-конструкторських робіт встановлено, що у весняний період поверхня ґрунту швидко прогрівається за рахунок сонячної енергії і утворюється сухий шар в горизонті 0.3 см, а більше нижній горизонт має вологість 30-35%.

При копіюванні поверхні ґрунту пропонованими борозноутворюючими робочими органами верхня кірка ґрунту продавлюється і утворюється канавка глибиною, рівній глибині висіву насіння. При цьому, поверхня робочого органу не залипається ґрунтом, і пристрій виконує роль борозноутворювача. Заміна сошникової системи в посівних машинах борозноутворюючими катками дає можливість вирішити два основні завдання :

- забезпечення виконання агротехнічних вимог по глибині висіву і рівномірності розподілу насіння уздовж насінного ложа;
- зниження енерговитрат при роботі сівалки і забезпечення надійної роботи посівної машини на ґрунтах підвищеної вологості.

Проведений аналіз стану питання показав, що нині відсутній технологічне рішення по створенню нових посівних машин, яке забезпечувало б виконання

агротехнічних і технологічних вимог при роботі на ґрунтах підвищеної вологості.

Основною проблемою при посіві в умовах підвищеної вологості ґрунту є залипання робочих органів ґрунтом і втрата їх працездатності, внаслідок чого збільшується тяговий опір посівного агрегату, порушується технологічний процес розподілу насіння по площі і глибині їх висіву в ґрунт.

Виходячи з вищевикладеного, виникає необхідність проведення теоретичних і експериментальних досліджень по оптимізації параметрів робочих органів і вибору найбільш перспективного наукового напрямку по створенню посівних машин для посіву насіння зернових культур.

На основі проведеного теоретичного аналізу роботи закладаючого робочого органу посівної машини можна зробити наступні висновки:

1. Величина ущільнення ґрунту залежить від конструктивних параметрів борозноутворювального пристрою. В основному, вона визначається глибиною ходу h і фізико-механічними властивостями ґрунту : питомою масою твердої фази γ , коефіцієнтом об'ємного, що зім'яло ґрунту q , коефіцієнтом пористості ε_0 , мірою зміни коефіцієнта пористості при навантаженні B_1 . Отримані залежності дозволяють визначати щільність ґрунту на дні борозни при різній глибині ходу сошника.

При глибині борозни $0,06\text{ м}$ і коефіцієнті об'ємного, що зім'яло ґрунту $1,5 \cdot 10^6$ щільність ґрунту на дні борозни для кавказького чорнозему складає $1,31 \cdot 10^3$ $1,34 \cdot 10^3$ кг/м^3 .

2. Конструктивні параметри борозноутворювального устройства визначальні якість роботи посівної секції :

- радіус леза диска борозноутворювального облаштування r_1 - стійкість процесу обертання із затисканням пожнивних залишків і ґрунтових грудок;

- ширина обода борозноутворювальних накладок b_1 - розміщення насіння на дні борозни;

- кут нахилу конічної частини борозноутворювальних накладок α - обсипається стінок борозни.

Ці параметри визначаються відповідно до вимог до якості роботи борозноутворювального робочого органу посівного агрегату, а саме:

- лезо диска борозноутворювального пристрою повинне мати радіус, достатній для обертання і затискання ґрунтових грудок;
- ширина ободу борозноутворювальної накладки повинна забезпечувати утворення борозни з шириною дна, достатньою для розміщення насіння;
- кут нахилу кінчної частини борозноутворювальних накладок повинен забезпечувати достатнє ущільнення стінок борозни для відвертання їх осипання.

Виходячи з перерахованих умов визначені мінімально необхідні значення параметрів, які склали : $r_1=0,15\text{м}$, $b_1=0,02\text{м}$, $\alpha=13^\circ$.

3. При зведенні до мінімальних значень захоплення насіння робочими поверхнями борозноутворювального робочого органу, осипання ґрунту із стінок борозни, рівномірність розподілу насіння по глибині визначаються стійкістю глибини ходу борозноутворювальних дисків, яка залежить від характеру зміни коефіцієнта об'ємного, що зім'яло ґрунту q по довжині борозни, конструктивних параметрів підвіски сошника.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналізом існуючих конструкцій сошників встановлено, що основний напрям їх вдосконалення - підвищення міри працездатності шляхом оптимізації підвіски сошників, введення в конструкцію нових елементів у вигляді скребків і відбивачів. Проте, при роботі таких сошників в умовах підвищеної вологості ґрунту, згадані удосконалення (шкребки і відбивачі) самі стають об'єктами налипання ґрунту, що призводить до зниження якості посіву, збільшення енергетичних витрат на проведення технологічного процесу висіву насіння.

2. Отримані теоретичні залежності, що дають основу для вибору основних технологічних, кінематичних, енергетичних і робочих параметрів борозноутворюючого робочого органу посівної машини, а також формули, що дозволяють визначити основні параметри борозноутворюючого диска посівної машини, які важливі при створенні і проектуванні нових посівних агрегатів для роботи в умовах підвищеної вологості ґрунту.

3. Розроблена математична модель і програма для розрахунку процесу розподілу насіння на дні борозни.

4. Встановлено, що на чорноземних ґрунтах опір починає зменшуватись вже при невеликих збільшеннях вологості – 2-4. Його зменшення закінчується при вологості 15-20. Опір чорнозему помітно нижче.

5. Встановлено, що профіль катка за типом гострого клину при взаємодії з ґрунтом формує борозенки різного профілю. Цей процес залежить від вологості ґрунту і швидкості руху катка. Істотний вплив на величину тягового опору борозноутворювального катка робить швидкість руху. Зі збільшенням швидкості руху з 1,0 до 4,0 м/с тяговий опір борозноутворювального катка зростає на 20- 25% в той час як у сошника серійної сівалки цей показник зростає до чотирьох разів.

6. Встановлено, що при нормі висіву насіння 4 млн. шт/га і при розмірі квадратів 5х5 см, максимальна частота квадратів з одним сім'ям досягає 0,369 або 36,9. При цьому буде стільки ж порожніх квадратів, 17,3 з двома насінням, 6,5 з трьома і інші 2,4 - з чотирма і більше насінням.

Список використаних джерел.

1. Алакин В.М. Картофелекопатель с ротационной сепарирующей поверхностью / В.М. Алакин, Г.С. Никитин // Картофель и овощи. – 2018. - № 5. – С. 32–34.
2. Алесенко В.М. К определению линейной скорости сепарирующего элеватора, расположенного за лопастным битером / В.М. Алесенко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: Республиканский межведомственный тематический научно-технический сборник. – Вып. 8. – Мн.: Урожай, 1970. – С. 144–149.
3. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т./ В.И. Анурьев. - М.: Т. 2. - 5-е изд., перераб. и доп. Машиностроение, 1978. - 559 с., ил.
4. В.Ю.Ільченко. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві / В.Ю.Ільченко, П.І.Карасьов, А.С.Лімонт.; - К. : Урожай, 1993. - 288 с.
5. Верещагин Н.И. Рабочие органы машин для возделывания, уборки и сортировки картофеля / Н.И. Верещагин, К.А. Пшеченков. - М.: Машиностроение, 1965. - 268 с.
6. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини : підручник / Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. — [2-ге вид.]. — К. : Каравела, 2008. — 552 с.
7. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку : навч. посіб. / Войтюк Д.Г., Яцун С.С., Довжик М.Я. ; за ред. Д.Г.Войтюка. — Суми : ВТД «Університетська книга», 2008. — 543 с.
8. Герасимов А.А. Критерии оценки повреждения клубней / А.А. Герасимов, А.С. Пермякова // Механизация и электрификация соц. с/х. - 1974. -№7. - С.48-49.
9. Горбачев, С.П. Тяговое сопротивление комбинированного дискового сошника зерновой сеялки [Текст] / С.П. Горбачев, Е.В. Кулаев, Н.Е. Руденко // Теоретич. и научно-практич. журнал, Механизация и Электрификация сельского хозяйства. – 2014. - № 2. – С. 4-5.

10. Грушецький С.М. Інноваційна картопляна техніка - комплексне рішення задач / С.М. Грушецький //Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин : Загальнодержавний міжвід. наук.-техн. зб. Під заг. ред. І.М. Черновола. - Кіровоград : КНТУ, 2009. - Вип. 39. - С. 68-81.

11. Колчин Н.Н. Комплекс специальных машин для картофелеводства / Н.Н.Колчин // Техника и оборудование для села. - 2011. - №8. - С. 18–21.

12. Колчин Н.Н. Современная техника для машинного производства картофеля / Н.Н. Колчин // Тракторы и сельхозмашины. - 2011. – №6. – С. 51–54.

13. Лурье, А. Б., Громбчевский А. А. Расчет и конструирование сельскохозяйственных машин □Текст□ / А. Б. Лурье, А. А. Громбчевский. - Л.: Машиностроение, 1985. - 528 с.

14. Мацепуро М.Е. Технологические основы механизации уборки картофеля/ М.Е. Мацепуро. – Минск: АН БССР, 1959. – 324 с.

15. Машиновикористання у рослинництві : навч. посіб. / [Гарькавий А.Д. та ін.]. — ВДАУ, НАУ, 2008. — 70 с.

16. Мельников, С. В., Алешкин В. Р., Рошин П. М. Планирование эксперимента в исследованиях с. х. процессов □Текст□ / С. В. Мельников, В. Р. Алешкин, П. М.Рошин. - Л.: Колос, 1980. -168 с.

17. Повышение надежности технологического процесса и технических средств машинной уборки картофеля по параметрам качества продукции / Г.К. Рембалович, И.А. Успенский, Р.В. Безносюк, Н.А. Рязанов, В.Г. Селиванов // Техника и оборудование для села. - 2012. - №3. - С. 6-8.

18. Проектування сільськогосподарських машин: навч. посіб. / [Бендера І.М., Рудь А.В., Козій Я.В. та ін.]; за ред. І.М. Бендери, А.В. Рудя, Я.В. Козія. — Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин О.В., 2011. — 640 с.

19. Сисолін П.В. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування : підручник / Сисолін П.В., Рибак Т.І., Сало В.М.,

Кропивний В.М.; за ред. М.І. Черновола. — К.: Урожай, 2002. — . —. Кн.1: Машина для рільництва. — 2002. — 383 с

20. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку : підручник / [за ред. Д.Г. Войтюка]. — К.: Вища освіта, 2005. — 464с.

21. Спиридонов А.А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов. — М.: Машиностроение, 1981. — 184 с.

22. Allan L Jensen Performance of machinery in potato production in one growing season / Allan L Jensen, Claus G Sorensen, Dionysis Bochtis, Zhou Kun // Spanish journal of agricultural research. — 2015. - № 3. 12-32.

23. Brinkmann W. Geräte und Verfahren für die Kartoffelproduktion / W. Brinkmann, H. Heege, F. Tebrügge // Landwirtschaftliches Lehrbuch 4. — Landtechnik. Verlag Euren Ulmer, Stuttgart, 1985. 339-362.

24. Dreszer K. Maszyny rolnicze / K. Dreszer. -Lublin: Wyd. AR, 2000.— 26p.

25. Godesa T. Determination of minimal cutting speed by flailing potato vines. Acta agriculturae slovenica / T. Godesa // Ljubjana, 2004. - Vol. 83. — N 1. 137–146.

26. Peters R. Trends in der Kartoffeltechnik / R. Peters // Landtechnik, 2003. - Jg. 58. — H.8. 366–367.

27. Sharma A.P. Design, Development and field evaluation of an oscillatory potato digger / Sharma A.P., Verma S.R., Bomsal A.S. // Agricultural mechanization In Asia, Africa and Latin America. — 1986. - № 17. 60-65.

28. Struik P.C. Seed potato technology / P.C. Struik, S.G. Wiersema. — Netherlands: Wageningen Academic Publishers, 1999. - 383 p.

29. Yong Ying Sang Parametric Modeling and Moving Simulation of Vibrating Screen and Tubers on Potato Harvester / Yong Ying Sang, Hua Li Yu, Jing Xia Jia // Applied Mechanics and Materials. - 2012; August 2012. 627-632.