МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерних технологій та професійної освіти
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
«___»_____ 2026 р.
Зав. кафедри _д.т.н., професор___
(науковий ступінь, вчене звання)
_____ __Володимир ДІДУР___
(підпис) (ініціали, прізвище)

Кваліфікаційна робота (дипломний проект)

перший (бакалаврський)
(назва освітнього рівня)

тема проекту: «Обґрунтування параметрів та удосконалення дискової посівної секції зернотукової сівалки»

Виконав: студент 3 курсу, групи 31к-ім
освітньої програми бакалавр
спеціальності 208 «Агроінженерія»
Богуш Роман Петрович
(прізвище та ініціали)
Керівник к.е.н., доцент Кутковецька Т.О.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Умань – 2026

ЗМІСТ

Вступ……... 3
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ДОСЛІДЖУВАНОГО ПИТАННЯ…… 4
1.1. Переваги та особливості посіву зернових культур при мінімальному обробітку ґрунту ……. 4
1.2. Технічні засоби для посіву зернових культур та тенденції їх розвитку... 6
Висновки по розділу…… 12
РОЗДІЛ 2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ…….. 13
2.1. Конструктивна схема модернізованої дискової посівної секції ……... 13
2.2. Дослідження стійкості ходу посівної секції на базі дисків у поперечній площині ……... 16
2.3. Визначення основних параметрів дискової посівної секції, що забезпечують стійкість її ходу …….. 18
Висновки по розділу…… 23
РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ……. 24
3.1. Організація охорони праці в АПК ……..…….. 24
3.2. Заходи з охорони праці під час роботи з посівними машинами ...…….. 25
Висновки по розділу…… 26
РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ…… 27
Висновки по розділу…… 28
Загальні висновки…….. 29
Список використаних джерел…….. 30

ВСТУП

Технологічний процес традиційного виробництва зерна включає ряд операцій: обробіток ґрунту, внесення добрив, посів, догляд за посівами, збирання врожаю. Для виконання вище перерахованих операцій, залучається велика кількість енергонасиченої та металомісткої техніки, що багаторазово переміщається по полю й негативно позначається на структурі грунту та призводить до недобору врожаю. Потреба в дизельному паливі енергонасичені операції можуть досягати 65-125 кг/га, хоча в ряді європейських країн цей показник не перевищує 25-45 кг/га. Ефективним способом зниження витрат під час виробництва зернових культур є об’єднання кількох операцій за один прохід агрегату, таких як розущільнення ґрунту та внесення основного добрива, підготовка ґрунту до посіву, посів й інші.

Тому, виникає необхідність в розробці та впровадженні більш досконалих способів обробітків ґрунту, а також створенні сучасних ґрунтообробних та посівних машин, що дозволяють проводити комбінований посів зернових культур й мають менший вплив ґрунт і разом з цим збільшується урожайність.

Робота присвячена удосконаленню технологічного процесу посіву зернових культур та обґрунтуванню конструктивних параметрів дискової посівної секції.

РОЗДІЛ 1
АНАЛІЗ СТАНУ ДОСЛІДЖУВАНОГО ПИТАННЯ

1.1. Переваги та особливості посіву зернових культур при мінімальному обробітку ґрунту.

Одним із основних способів підвищення ефективності виробництва сільськогосподарської продукції є виключення низки технологічних операцій шляхом їх суміщення за умови, що не порушуються агротехнічні вимоги кожної, наприклад, швидкісний режим виконання. У західних країнах випереджаючими темпами йде розробка та впровадження нових технологій, що мають ряд суттєвих позитивних факторів й полягають в мінімальній механічній дії на грунт. Найбільш відповідальною технологічною операцією отримання рослинницької продукції є посів, нерозривно пов'язаний з підготовкою ґрунту до розміщення в ньому насіння. Поверхневий обробіток ґрунту без обертання скиби грунту із збереженням рослинних залишків на його поверхні сприяє ресурсозбереженню (вологи, гумусу, палива) та захисту від ерозії [2].

Освоюваний виробничниками новий спосіб посіву відрізняється від традиційного тим, що в післязбиральний період поле не піддається впливу ніякими сільгоспмашинами, а посів здійснюється за мульчованими рослинними залишками фону, захищає ґрунт від видування, сприяє снігозатриманню в зимовий період та збереженні вологи в період вегетації рослин.

Альтернативою із застосовуваних систем землеробства стає технологія «No-till». Ця технологія виключає й інші види механічного обробітку, навіть щодо формування насіннєвого ложа. Особливості такої технології: не порушується структура ґрунту до моменту посіву; всі рослинні залишки лежать на поверхні поля. Ці особливості якраз і зберігають вологу в ґрунті та захищають його від ерозійних процесів [2]. За такої технології в момент сівби відбувається часткове руйнування поверхневого шару, що здійснюється комбінованими сошниками на базі стрілчастих лап або дисків. Дискові сошники сівалок здійснюють менший

вплив на грунт. Прямий посів виконують спеціальними сівалками з більшою міцністю.

Істотним недоліком технології «No-till» є підвищена засміченість полів, що вимагає застосування гербіцидів протягом декількох років, а це знижує техніко-економічну ефективність її застосування та негативно впливає на біологічну складову ґрунту. Технологія залежить від високої кваліфікації спеціалістів агрохімічної служби господарств та високої забезпеченості необхідними гербіцидами й іншими хімічними препаратами [2].

Німецькими експертами [2] встановлено, що за поверхневого обробітку ґрунту витрати знижуються на 25…60 €/га, врожайність зернових культур ніяк не зменшується, а витрати на добрива та препарати для захисту рослин не збільшуються. Потреба в паливі скорочується майже вдвічі, витрати часу знижуються на 32%, а змив ґрунтів зі схилів скорочується майже в 5,5 разів.

Мета посіву – отримання сходів, для цього потрібно виконати ряд умов якісного посіву, щоб реалізувати генетично закладені темпи проростання насіння [3]. Для цього необхідно розглянути обидві сторони процесу: агрономічну та інженерну, як єдине ціле. Процес розміщення насіння в ґрунті включає: формування борозни та ущільненого дна, укладання насіння на дно борозни із щільністю 1,10…1,25 г/см^3, закриття борозни ґрунтом, ущільнення його над насінням. При забезпеченні такої щільності дна борозни досягається створенням капілярів, за яких ґрунтова волога піднімається нагору із нижніх шарів. Це дуже важлива умова, тому що в період проростання зернівки до утворення власної кореневої системи, рослина найбільше беззахисна від зовнішніх факторів: відсутності дощу, високої температура повітря та ін.

Численними дослідженнями агрономів та агрохіміків доведено, що для інтенсивного проростання насіння його слід укладати на підготовлене, ущільнене ложе, як зазначалося вище, із щільністю 1,10...1,30 г/см^3. В такий шар ґрунту добре проникає коріння рослин, воно забезпечується вологою незалежно від погодних умов. Висів насіння на підготовлене тверде посівне ложе призводить до підвищеної польової схожості зернових культур [3].

Не менше значення для отримання високих врожаїв зернових культур має рівномірність глибини закладення насіння й залежить від низки чинників: стану рельєфу поля, агрофізичних якостей ґрунту, параметрів посівної секції сівалки, швидкості руху агрегату та ін.

Дослідженнями встановлено, що при підвищеній швидкості агрегату з сівалкою типу СЗ-3,6, обладнаної дисковими сошниками, спостерігається зменшення в 1,24 рази глибини загортання насіння та зміна стандартного відхилення від 0,5 см (V=0,5 м/с) до 1,15 см (V=4,0 м/с) [8].

Основні завдання підготовки ґрунту:

1) поліпшення фізичних властивостей ґрунту;

2) знищення максимальної кількості бур'янів, шкідників та збудників хвороб рослин;

3) підготовка посівного шару та ущільненого ложа для насіння;

4) висів насіння на ущільнене ложе та закладення добрив на певну глибину.

Від точності дотримання зазначених вимог залежить урожайність зернових культур.

1.2. Технічні засоби для посіву зернових культур та тенденції їх розвитку.

В даний час у всіх країнах світу зернові культури висівають рядковим способом. Виробництвом зернотукових сівалок для рядкового посіву займається ряд зарубіжних та вітчизняних фірм, таких, як: «Червона Зірка» (Україна), «Horsch» (Німеччина), «Агро-Союз» (Україна), John Deere (США), Gaspardo (Італія), Amazonen Werke (Німеччина), Massey Ferguson (Канада), Noget Gougis (Франція) та ін. [7].

Аналіз конструктивних особливостей сівалок показав, що використовується кілька типів сошників: це однодискові, дводискові, анкерні, комбіновані, трубчасті. Кожний із наведених типів сошників має переваги та недоліки, їх вибір пов'язаний з умовами застосування. Так, дводисковий сошник доцільно застосовувати на грубооброблених ґрунтах з великою кількістю рослинних

залишків. До їх недоліків відноситься: здатність залипати вологим ґрунтом, значна нерівномірність загортання насіння, підвищений тяговий опір. Однодисковий сошник менш металомісткий, краще заглиблюється в ґрунт, не забивається ґрунтом і рослинними залишками, добре очищається й підрізає бур'яни [5].

Сошники на базі стрілчастої лапи використовуються для рядкового та стрічкового посіву зернових на легких піщаних та супіщаних ґрунтах по стерні або після дискування. Також вони дозволяють виконати від двох до чотирьох операцій за один прохід сівалки: розпушування ґрунту, внесення основної дози добрив, посів з формуванням посівного ложа Це досягається за рахунок того, що стрілчаста лапа піднімає підрізаний шар ґрунту на достатню висоту, що дозволяє у підлаповому просторі розміщувати необхідні конструктивні елементи, такі як розподільники добрив та насіння, бороздоутворювачі та ін.

Трубчасті сошники мають найпростішу конструкцію – трубка достатньої міцності та наральник. Їх рекомендують застосовувати на ґрунтах, схильних до вітрової ерозії, за умови, що стерня оброблена.

Анкерні сошники по конструкції близькі до трубчастих, недолік – винос на поверхню грунту нижніх більш вологі шарів, а це призводить до додаткового висушення. Крім того, ґрунт попередньо повинен бути добре розпушеним.

Комбіновані сошники розробляються з метою суміщення посіву двох і більше культур, одночасного внесення основного добрива з посівом зернових та просапних культур. Вони більш металомісткі, як правило, ґрунт повинен бути добре розроблений, з невеликим включенням рослинних залишків [5].

Призначення сошників посівних машин – формування борозен під насіння та добрива, утворення посівного ложа, розміщення насіння на задану глибину, ущільнення ґрунту над насінням [5].

Важливою характеристикою посіву сільськогосподарських культур є рівномірність глибини загортання насіння, значення цього показника полягає в тому, що при різній глибині сходи з'являються нерівномірно за часом, а це з часом призводить до неодночасного дозрівання та, як наслідок, до втрати урожайності.

Глибину занурення дискових сошників забезпечують силою стиснення пружин, а вона залежить від стану ґрунту, його вологості, наявності пожнивних залишків, що вказує на некерованість дотримання заданої глибини розміщення насіння. Аналогічно таке відбувається й при застосуванні анкерних сошників, де занурення їх здійснюється за рахунок навішування вантажів, тому рівномірність посіву залежить від фізико-механічних властивостей ґрунту.

Сошники на базі стрілчастих лап меншою мірою залежать від стану ґрунту, його комковатості та наявності пожнивних залишків, якщо їх довжина не перевищує граничних значень. Проте, у таких сошників є інший недолік – нерівномірний шар ґрунту над насінням по ширині обробленої лінії пояснюється тим, що стійка лапи зрушує ґрунт по боках і над його кінцями він стає грубішим, це призводить до нерівномірної глибини розміщення насіння [8].

Аналіз показників роботи сівалок показав, що вони не повною мірою відповідають нашим агротехнічним вимогам щодо ширини міжрядь, потужності вітчизняних тракторів, крім того, всі вони нерентабельні під час експлуатації.

Необхідний аналіз відомих пропонованих технічних рішень, які використовуються для посіву зернових культур. Попередній перегляд патентної та технічної літератури показує, що останні два десятиліття частіше всього зустрічаються сівалки з дисковими сошниками.

Так, розглянемо дводисковий сошник (Рис. 1.1), в якому диски встановлені під кутом один до одного, а між ними розташовані розпушувач з гострим кутом входження та направник насіння. Основне завдання сошника – виключити засипання насіння сухим ґрунтом.

Недоліками сошника, на нашу думку, є відсутність елементів, що змінюють кути установки дисків та їх зміщення один відносно одного, добрива не вносяться нижче за рівень насіння, не підрізаються бур’яни, не ущільнюється ґрунт над насінням.

Науковцями [8] запропонований комбінований сошник на базі дисків (Рис. 1.2). Він призначений для посіву зернових культур із внесенням стартового добрива разом з насінням та основного у вигляді рідких добрив. Перевагою комбінованого сошника є установка анкера, який формує ущільнене посівне ложе.

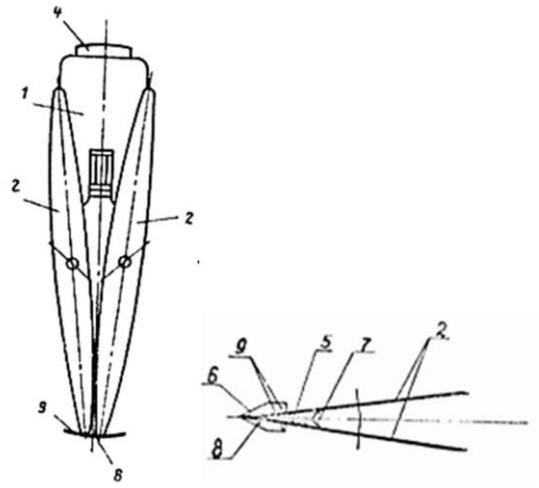


Рисунок 1.1 – Дводисковий сошник:

1 – корпус, 2 – плоскі диски, 3 – направник насіння, 4 – горловина, 5 – розпушувач, 6 – ребро двогранного розпушувача, 7 – тильна сторона двогранного розпушувача, 8 – стабілізатор, 9 – крила стабілізатора.

Сошник висіває лише один рядок насіння, але обладнаний такими елементами, як тукопроводи для рідких і твердих добрив, анкер, пристрій, що запобігає засипанню сухим грунтом насіння. Сошник складний за конструкцією, тому його надійність не висока, крім того, добрива вносяться на рівні посіву розміщення насіння, ґрунт над рядком не ущільнюється.

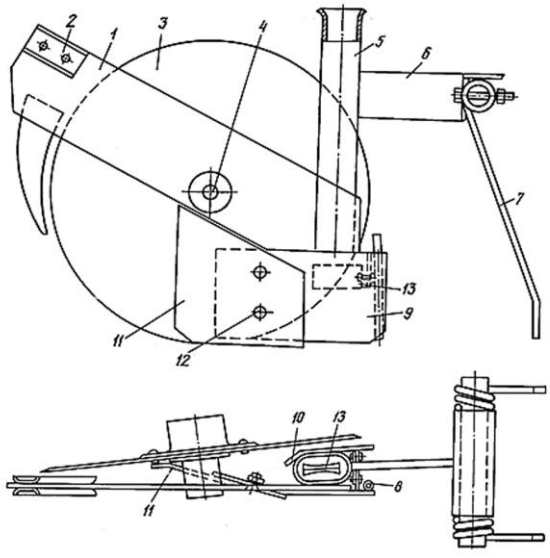


Рисунок 1.2 – Комбінований сошник:

1 – корпус, 2 – повідець, 3 – плоский диск, 4 – вісь, 5 – насіннєпровід, 6 – кронштейн, 7 – секція пружинних боронувальних зубів, 8 – трубопровід, 9 – зовнішня боковина анкера-ложеутворювача, 10 – внутрішня частина боковини анкера-ложеутворювача, 11 – щиток-чистик, 12 – кріплення змінної частини, 13 – розсіювач насіння.

Застосування таких сошників можливе на добре обробленому полі, що включає попереднє подрібнення пожнивних залишків і бур'янів, обов'язкове розпушування ґрунту, підготовка його до посіву, і в загальному все це призводить до додаткових витрат часу, палива й техніки.

Деякими науковцями [8] запропоновано сошник для зернотукових сівалок прямого посіву, основними конструктивними елементами якого є П-подібна рама та диски, причому стійки рами зміщені один відносно одного (Рис. 1.3). Площини дисків не перетинаються в просторі, що дозволяє створювати борозну під насіння та виключити засипання їх сухим ґрунтом.

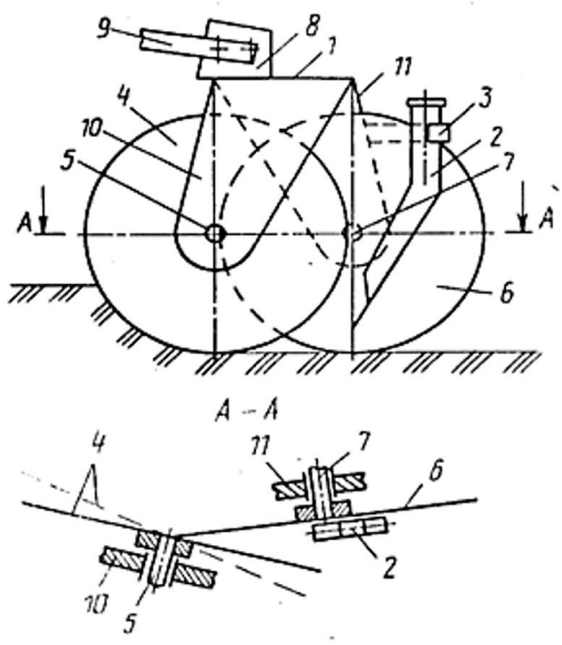


Рисунок 1.3 – Дисковий сошник:

1 – корпус, 2 – насіннєпровід, 3 – кронштейн, 4 – передній диск, 5 – вісь обертання переднього диска, 6 – задній диск, 7 – вісь обертання заднього диска, 8 – кронштейн, 9 – повідець, 10 – стійка, 11 – П-подібна рама.

Недоліки сошника, що розглядається так: не передбачено зміщення дисків один відносно одного, розташування добрив на рівні посіву, бур'яни в зоні посіву не підрізаються, глибина розміщення насіння та добрив не контролюється, ґрунт над насінням не ущільнюється.

Також авторами [8] запропоновано дисковий сошник (Рис. 1.4). він має два диски, кожний з яких закріплений на двох підшипниках й встановлені під кутом один до одного. Забивання ґрунтом простору між дисками виключається шляхом

їх покриття шаром гідрофобної пластинчастої маси, вони з’єднані між собою через спеціальні отвори, виконані на дисках.

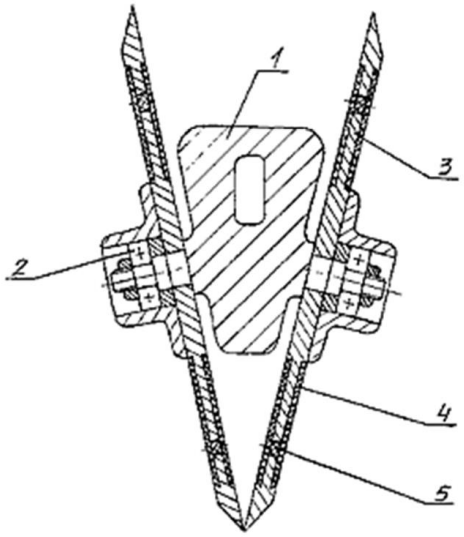


Рисунок 1.4 – Дисковий сошник:

1 – корпус, 2 – підшипники, 3 – диски, 4 – гідрофобна пластинчаста маса, 5 – радіальні отвори.

Недоліки сошника: не передбачена зміна положення дисків один відносно одного та зміни кута їх встановлення (кута атаки), добрива вносять на рівні посіву, бур’яни в зоні посіву не підрізаються, ґрунт над насінням не ущільнюється, потрібна після посіву додаткова операція прикочування поля, що також призводить до додаткових витрат.

Дискова посівна секція [7] призначена для посіву зернових культур з одночасним внесенням основного добрива (Рис. 1.5). Основним елементом посівної секції є стійка, у вигляді літери Г, перекинутої в горизонтальне положення, яка має в середній частині шарнір. Обидві частини стійки обладнані кронштейнами, з’єднані регулюючою по довжині тягою з пружиною. Вертикальна частина стійки має втулку, а горизонтальна – вісь, на яку встановлений центральний диск. Задня горизонтальна частина стійки по обидві сторони має осі, із встановленими на них посівними дисками під кутом до напрямку руху. До задньої частини стійки шарнірно прикріплений прикочувальний коток. За центральним диском встановлено тукопровід, а в «тіні» посівних дисків – насіннєпроводи.

Недоліки описаної конструкції аналогічні попереднім сошникам.

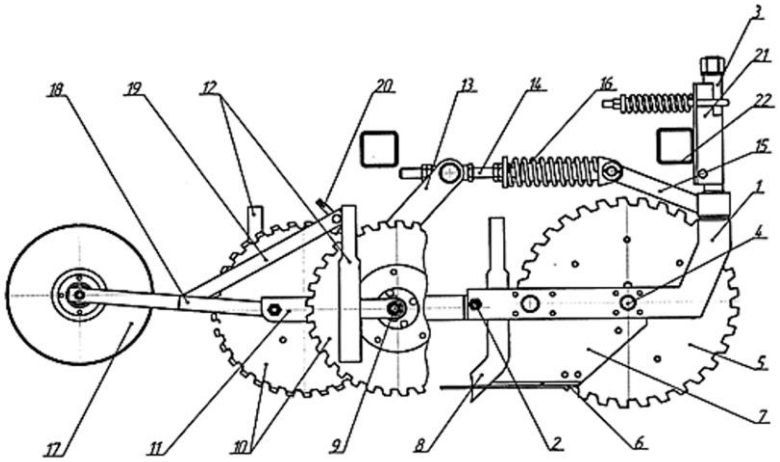


Рисунок 1.5 – Дискова посівна секція:

1 – Г-подібна стійка, 2 – шарнір, 3 – втулка, 4 – передня вісь,
5 – центральний дисковий ніж, 6 – плоскорізальна стрілчаста лапа,
7 – стійка, 8 – тукопровід, 9 – осі, 10 – дискові ножі, 11 – кронштейни,
12 – туконасіннєпроводи, 13 – кронштейн, 14 – тяга, 15 – кронштейн, 16 – пружина,
17 – коток, 18 – повідець, 19 – кронштейн, 20 – регульована тяга.

Розглянуті відомі технічні рішення на базі дисків для посіву зернових культур мають низку загальних недоліків, що наведені вище. Тому, виникає необхідність в удосконалені дискової посівної секції зернотукової сівалки.

Висновки по розділу

Таким чином, в першому розділі розглянуто особливості й технології посіву зернових культур при мінімальному обробітку грунту та здійснено аналіз технічних засобів для виконання даної операції.

В результаті досліджень визначено, що сівбу зернових культур доцільно виконувати сівалками на базі дисків, які є менше енерговитратними та мають щадний вплив на ґрунт.

РОЗДІЛ 2
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Конструктивна схема модернізованої дискової посівної секції.

Основним конструктивним елементом посівної секції на базі дисків є Г-подібна стійка, що включає вертикальну частину з встановленою на ній втулкою. За допомогою цієї втулки посівна секція кріпиться до рами сівалки і здійснює поворот усієї конструкції при криволінійному русі посівного агрегату, що виключає її поломку. До горизонтальної частини Г-подібної стійки спереду жорстко встановлена вісь, а на осі встановлений центральний дисковий ніж, призначення якого – розрізання рослинних залишків на поверхні ґрунту та коріння бур’янів, крім того дисковий ніж розпушує ґрунт, утворюючи борозну з поперечним перерізом у вигляді рівнобедреного трикутника з вершиною, оберненою вниз. За дисковим ножем встановлена стійка-тукопровід стрілчаста лапа, що виконана на рівні нижче точки ножа. Стрілчаста лапа підрізає кореневища бур’янів в зоні розміщення основного добрива та насіння. По обидва боки горизонтальної частини Г-подібної стійки зі зміщенням один відносно одного позаду стрілчастої лапи встановлені осі посівних дисків, причому посівні диски встановлені під кутом до напрямку руху, а кути їх атаки можуть змінюватися. Довжина осей посівних дисків може змінюватись при збереженні суми довжин, що дорівнює ширині міжряддя. У «тіні» посівних дисків, за допомогою кронштейнів, прикріплені до горизонтальної частини Г-подібної стійки туконасіннєпроводи, їх нижні кінці розташовані над борознами, виконаними посівними дисками. Таке розташування туконасіннєпроводів виключає забивання їх ґрунтом.

До заднього кінця горизонтальної частини Г-подібної стійки шарнірно прикріплений повідець прикочувального котка. Сила притискання котка до ґрунту регулюється пружиною. На дисковий ніж діють значні сили зі сторони ґрунту, якщо йдеться про пряму сівбу, тому з метою виключення поломки стійки в місці її вигину встановлено упор, що розвантажує горизонтальну частину. Елементи

описаної конструкції досить повно показані на рис. 2.1-2.3.

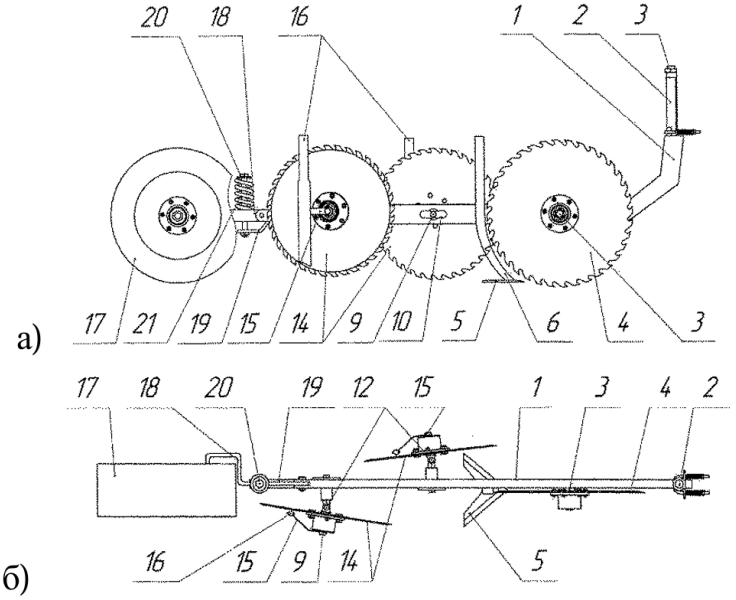


Рисунок 2.1 – Дискова посівна секція зернотукової сівалки:

а – вид збоку; б – вид зверху; 1 – Г-подібна стійка, 2 – шарнір, 3 – втулка, 4 – передня вісь, 5 – центральний дисковий ніж, 6 – плоскорізальна стрілчаста лапа, 7 – стійка-тукопровід, 8 – втулка, 9 – кульові шарніри, 10 – осі, 11 – посівні диски, 12 – кришки кульових шарнірів, 13 – кронштейн, 14 – регульована по довжині тяга, 15 – пружина, 16 – вилка, 17 – палець, 18 – втулка, 19 – упор, 20 – виступ, 21 – кронштейни, 22 – туконасіннєпроводи, 23 – коток, 24 – повідець, 25 – кронштейн, 26 – регульована тяга, 27 – кронштейн, 28 – рама.

Регулювання глибини посіву насіння забезпечується шляхом зміни положення рами посівної машини над поверхнею ґрунту, а також силою притискання котка до гребеня утвореного в результаті зсуву ґрунту посівними дисками до середини борозни. Глибина загортання добрив у розглянутому варіанті посівної секції на базі дисків не регулюється з тієї причини, що вимоги на глибину розміщення їх у ґрунті не настільки жорсткі, як для насіння – достатньо внести їх на глибину 0,12-0,15 м, а від рядка насіння на 0,02-0,07 м.

Особливість прийнятої конструктивно-технологічної схеми посівної секції на базі дисків полягає в тому, що розущільнюється мінімальний об’єм ґрунту, немає обороту підрізаного шару ґрунту, ґрунт посівними дисками зміщується до середини борозни, а потім повертається під дією котка на попереднє місце. Рядок основного внесення добрив живить протягом всього вегетаційного періоду два

рядки насіння, до того ж він розташований на заданій відстані від насіння, при цьому здійснюється поєднання чотирьох технологічних операцій Все це створює умови для підвищення ефективності вирощування зернових культур.

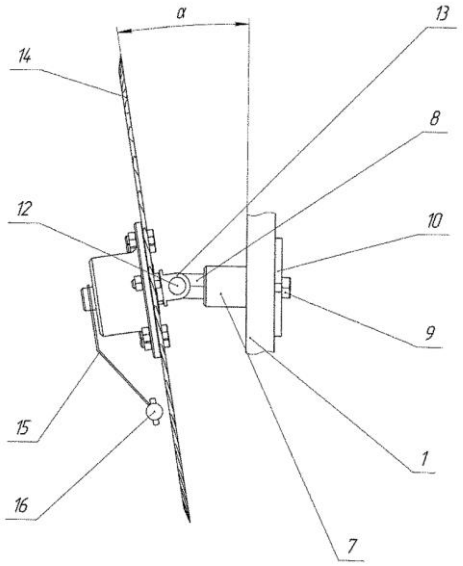


Рисунок 2.2 – Пристрій для зміни ширини міжряддя та кута атаки посівних дискових ножів (вид зверху):

1 – Г-подібна стійка, 7 – стійка-тукопровід, 8 – втулка, 9 – кульові шарніри, 10 – осі, 12 – кришки кульових шарнірів, 13 – кронштейн, 14 – регулювальна по довжині тяга, 15 – пружина, 16 – вилка, α – кут атаки посівного диска.

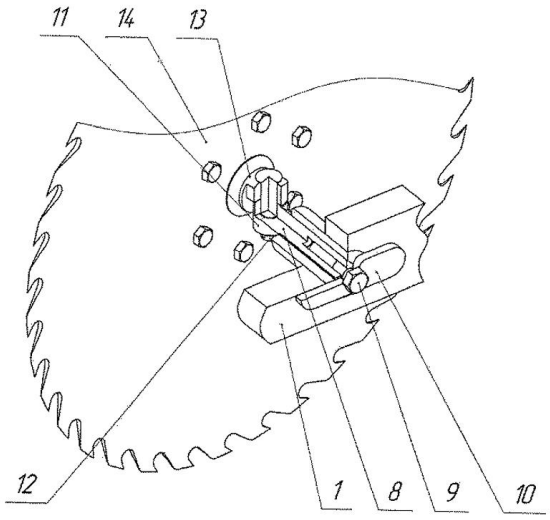


Рисунок 2.3 – Пристрій для зміни ширини міжряддя та кута атаки посівних дискових ножів (ізометрія):

1 – Г-подібна стійка, 8 – втулка, 9 – кульові шарніри, 10 – осі, 11 – посівні диски, 12 – кришки кульових шарнірів, 13 – кронштейн, 14 – регулювальна по довжині тяга.

2.2. Дослідження стійкості ходу посівної секції на базі дисків у поперечній площині.

Головна особливість посівної секції зернотукової сівалки на базі дисків – її асиметричність, яка полягає в тому, що її центральний диск зміщений, він не знаходиться на осі симетрії стійки. Посівні диски встановлені по обидва боки від стійки та зміщені один відносно одного, тобто знаходяться на різній відстані від осі повороту секції.

Приймаємо умови:

а) осі симетрії котка і Г-подібної стійки знаходяться у вертикальної площині;

б) нехтуємо впливом об’єму грунту, що знаходиться над стрілчастою лапою, із-за їх розмірів і з метою спрощення аналітичної моделі.

Схема сил, що діють на конструктивні елементи посівної секції, у площині *yOz* представлена на рис. 2.4.

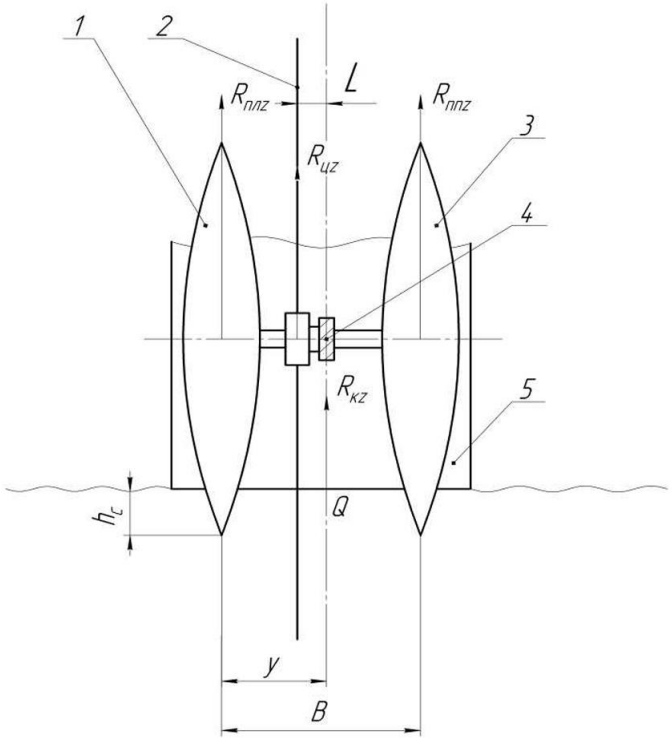


Рисунок 2.4 – Схема сил, що діють на посівну секцію у поперечній площині (вигляд спереду):

1 – лівий посівний диск; 2 – центральний диск; 3 – правий посівний диск; 4 – Г-подібна стійка; 5 – коток.

Рівняння моментів сил у площині *yOz*, відносно точки *Q*, має вигляд:

$$R_{\text{плz}}Y = R_{\text{ппz}}(B - Y) + R_{\text{цдz}}L \quad , \tag{2.1}$$

Сила $R_{ппz}$, що діє на правий посівний диск, залежить від кута атаки τ_n, який не визначено, отже, залежність (2.1) є функція двох змінних: кута атаки правого диска τ_n та відстані *Y*, на якому він встановлений відносно Г-подібної стійки.

Для визначення цих параметрів розв'яжемо систему двох рівнянь, що включають залежності (2.1), а саме:

$$\begin{cases} F_k L_k + R_{\text{плу}}L_{\text{пл}} + R_{\text{ппх}}(\text{В} - Y) - R_{\text{цдх}}l_{\text{ц}} - R_{\text{плх}}Y - R_{\text{ппу}}L_{\text{пп}} = 0 \\ R_{\text{плz}}Y - R_{\text{ппz}}(B - Y) - R_{\text{цдz}}L = 0 \end{cases} , \tag{2.2}$$

Невідомою є сила тертя котка об ґрунт $F_к$, діюча у поперечному напрямку руху секції (сила опору відхилення посівної секції від прямолінійного руху), вона визначається за формулою:

$$F_к = Pк \times \mu, \tag{2.3}$$

де *Рк* – сила притискання котка до ґрунту в ґрунті, Н; μ – коефіцієнт зчеплення котка з ґрунтом.

Розв'язавши систему рівнянь відносно змінних *Y* – довжини осі лівого посівного диска і τ_n, знайдемо значення параметрів, які шукаються, забезпечивши тим самим стабілізацію ходу посівної секції зернотукової сівалки, як у площині *xOy*, так, і в площині *yOz*.

Після виконання перетворень у другому рівнянні системи та підстановки значення *Y*, отримуємо:

$$Y = \frac{R_{\text{ппz}}B + R_{\text{цдz}}L}{R_{\text{плz}} + R_{\text{ппz}}} , \tag{2.4}$$

$$F_k L_k + R_{\text{плу}}L_{\text{пл}} + R_{\text{ппх}}\text{В} - (R_{\text{ппх}} + R_{\text{плх}})Y - R_{\text{цдх}}l_{\text{ц}} - R_{\text{ппу}}L_{\text{пп}} = 0 , \tag{2.5}$$

або

$$F_k L_k + R_{\text{плу}}L_{\text{пл}} + R_{\text{ппх}}\text{В} - (R_{\text{ппх}} + R_{\text{плх}})\frac{R_{\text{ппz}}B + R_{\text{цдz}}L}{R_{\text{плz}} + R_{\text{ппz}}} -$$

$$-R_{\text{цдх}}l_{\text{ц}} - R_{\text{ппу}}L_{\text{пп}} = 0 \tag{2.6}$$

Змінюючи кут атаки правого посівного диска τ_n, знаходячи значення сил, що діють на обидва посівні диски в площині *xOy*, виконуємо розрахунки за рівнянням (2.6). Забезпечення умови (2.6), вказує на стабілізацію ходу посівної секції у горизонтальній площині. Знаючи оптимальне значення кута атаки τ_n, знайдемо довжину осі правого посівного диска, коли буде забезпечена стійкість посівної секції на базі дисків у поперечній площині.

2.3. Визначення основних параметрів дискової посівної секції, що забезпечують стійкість її ходу.

Основними конструктивними параметрами, що забезпечують стійкість ходу дискової посівної секції у площинах *xOy* та *yOz*, є кут атаки правого посівного диска τ_n і відстань його до осі симетрії Г-подібної стійки *Y* поряд, при постійному значенні ширини міжряддя *B*.

Виразити через одне невідоме залежності системи рівнянь (2.1) моментів сил є не можливим, тому необхідне розв'язання методом послідовного наближення, задаючись числовими значеннями τ_n та *Y*. Змінюючи ці параметри, знаходимо величину суми моментів сил у площині *xOy* та *yOz*. Рівність нулю суми моментів, вкаже на значення параметрів, які шукаються.

При виведенні розв'язання системи рівнянь (2.1) розглянемо два варіанти:

1) тяга котка з'єднана з кінцем Г-подібної стійки шарніром, які мають ступінь свободи, як у вертикальній, так і в горизонтальній площині;

2) тяга котка має один ступінь свободи в площині *xOz*.

Стан котка в площині *yOz* характеризується другим рівнянням системи (2.1), а в горизонтальній – першим.

Показником стійкості руху посівної секції приймаємо абсолютне значення моментів сил в обох площинах.

У площині *xOy* можливий стійкий хід посівної секції, при умові рівності моментів сил, що діють ліворуч й праворуч від осі симетрії Г-подібної стійки, але сили R_{nnx} і R_{nny} від кута атаки посівних дисків змінюються незначно, так при

глибині посіву 0,07 м зміна кута атаки від 2 до 20^0 призвело до збільшення сили R_{nnx} з 18 до 178 Н, а силу R_{nny} до зниження з 517 до 486 Н.

Це вказує на те, що забезпечити стабілізацію ходу посівної секції в горизонтальній площині *xOy* не вдаючись до ролі котка, жорстко з'єднаного з секцією у цій же площині не змінюючи відстані від кінця точки кріплення правого посівного диска до осі повороту секції, є не можливим, так, як глибина посіву та відстань правого посівного диска до осі симетрії Г-подібної стійки можуть змінюватися в обмеженому діапазоні. Тому, кути атаки обох дисків беремо рівними $5{,}7^0$, а врівноважування моментів сил, що діють у горизонтальній площині на посівну секцію, здійснюватимемо за рахунок відповідного притискання котка до ґрунту, шляхом зміни відстані від осі правого диска до осі повороту секції, що небажано з конструктивних міркувань.

Рис. 2.5 підтверджує викладене припущення, що рівність нулю суми моментів сил у горизонтальній площині без врахування впливу котка досягти не можна.

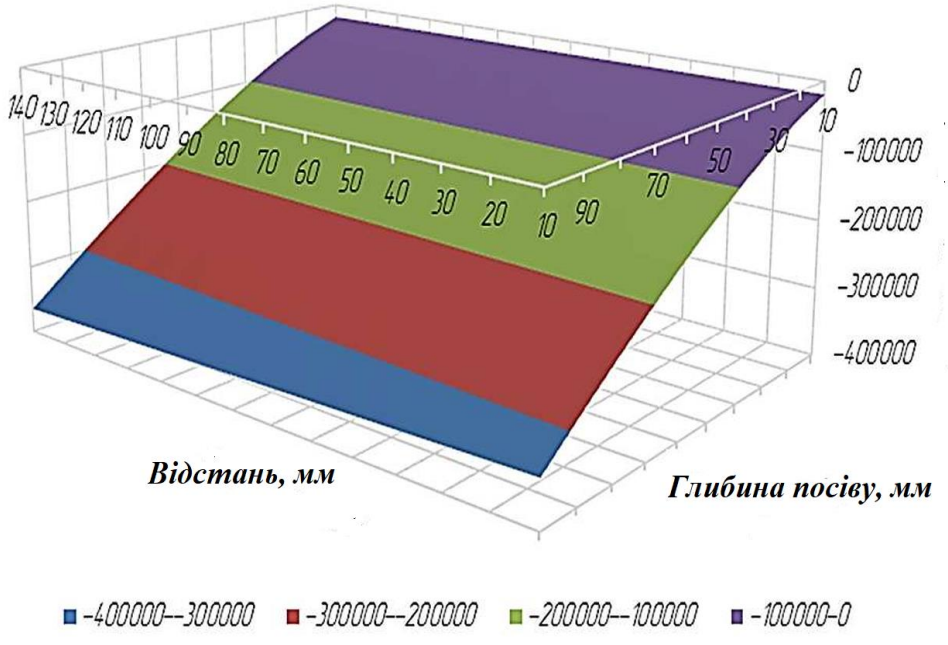


Рисунок 2.5 – Вплив глибини посіву та довжини осі правого посівного диска на суму моментів сил у горизонтальній площині за наявності двох ступенів свободи котка

Визначимо умови, коли буде забезпечено стабілізацію ходу посівної секції за винятком ступеня свободи котка в горизонтальній площині.

Знаходимо значення сили $F_к$, необхідної для стабілізації ходу посівної секції у площині xOy.

$$\text{Fk} = \frac{R_{\text{цдх}} * L_{\text{ц}} + R_{\text{плх}} * \text{У} + R_{\text{ппу}} * L_{\text{пп}} - R_{\text{ппх}}(\text{В} - \text{У}) - R_{\text{плу}} * L_{\text{пл}}}{L_{\text{к}}}, \quad (2.7)$$

Силу притискання котка $P_к$ можна визначити як:

$$\text{Рк} = \frac{F_{\text{к}}}{\mu} = \frac{R_{\text{цдх}} * L_{\text{ц}} + R_{\text{плх}} * \text{У} + R_{\text{ппу}} * L_{\text{пп}} - R_{\text{ппх}}(\text{В} - \text{У}) - R_{\text{плу}} * L_{\text{пл}}}{L_{\text{к}} * \mu}, \quad (2.8)$$

Знаючи необхідний питомий тиск на грунт ρ при засіві посіву і площу контакту котка $S_к$, легко встановити необхідну силу притискання котка $P_к$. Вона дорівнює:

$$\text{Р}_{\text{к}} = S_к \cdot \rho, \quad (2.9)$$

Місце контакту котка на ґрунті в першому наближенні допускається встановити, як добуток його ширини $b_к$ і довжини хорди $l_{хк}$, утвореної внаслідок деформації шини (довжини місця контакту).

Ширина котка $b_к$ в нашому випадку, коли дискова посівна секція одночасно висіває дві рядки насіння, має бути не менше ширини міжряддя, приймаємо $b_к$=0,17 м.

При відомому (прийнятому) радіусі пневматичного котка $r_к$=0,20м й величині ущільнення ґрунту h=0,02м, довжина хорди (довжина місця контакту) дорівнює 0,21 м.

Площу місця контакту шини з ґрунтом розрахуємо за методикою [8]. Площа місця контакту в нашому випадку дорівнює 0,0331 м^2.

Таким чином, знаючи допустимий питомий тиск на ґрунт при його ущільненні в момент посіву ρ=4 Н/см^2 [10] абсолютну величину ущільнення (або усадки шини) $h_к$=0,02 м [11], ширину міжряддя В=0,15 м, можна визначити раціональний тиск пневматичного котка дискової посівної секції на ґрунт, необхідний для забезпечення достатнього ущільнення ґрунту над насінням. Воно дорівнює 1324 Н.

Розрахунки, виконані з врахуванням значення раціонального питомого тиску котка на ґрунт, представлені на рис. 2.6-2.7.

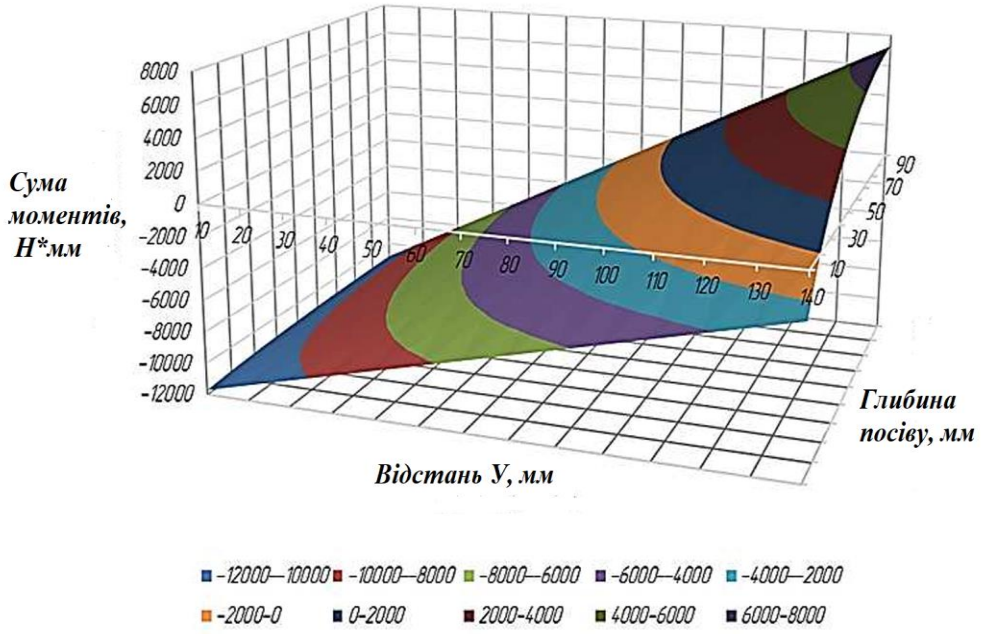
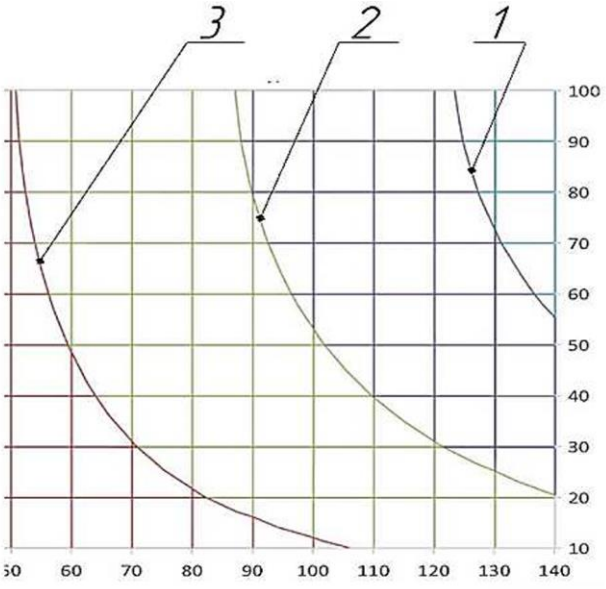


Рисунок 2.6 – Зміна суми моментів сил, що діють на дискову посівну секцію в горизонтальній площині від глибини посіву та відстані від правого диска до осі симетрії Г-подібної стійки при силі притискання котка $P_к$=1324 Н



Лінії суми моментів сил:1 – «-5000 Н·мм»; 2 – «0 Н·мм»; 3 – «5000 Н·мм»

Рисунок 2.7 – Проекція суми моментів сил у горизонтальній площині, Н·мм

Аналіз отриманих результатів розрахунку (Рис. 2.6-2.7) показав, що стабілізація ходу посівної секції у горизонтальній площині *xOy* досягається. Причому на стійкість руху дискового посівного ходу секції в площині *xOy*, величина *У* має слабкий вплив. Так при зміні глибини посіву від 0,05 до 0,10 м відстань від правого диска до осі симетрії Г-подібної стійки змінюється лише на 0,01 м.

Звідки видно, що стійкий рух посівної секції в горизонтальній площині *xOy* дотримується. На рис. 2.5 зображено проекцію нульового значення сумарного моменту сил, що діють на дискову посівну секцію в координатах глибини посіву h_c і відстані *У* правого диска від осі симетрії Г-подібної стійки.

Криві 1 і 3 характеризують рух дискової посівної секції, коли на неї в горизонтальній площині діятимуть збурювальні моменти сил відповідно вліво і вправо величиною 5000 Н·мм. Але при силі притискання котка, що дорівнює 1324 Н, коефіцієнт зчеплення гуми з ґрунтом μ=0,8 [10] і відстані котка від осі повороту 186 мм, стабілізуючий рух посівної секції, момент сили дорівнюватиме 197 000 Н·мм, тобто близько 0,2 кНм.

Аналогічні розрахунки виконані з визначення стійкості ходу дискової посівної секції у вертикальній поперечній площині, яка може впливати на різницю в глибині лівої і правої борозни. Але так, як ширина міжряддя зернових порівняно невелика (0,12...0,18 м), а кронштейн посівної секції встановлюється на вертикальну вісь, жорстко прикріплену до рами сівалки, то підстав на утворення посівних борозен різної глибини немає. Крім того, фізико-механічні властивості ґрунту на одному і тому ж полі можуть змінюватися в широких межах, тому можлива зміна сил, що діють на конструктивні елементи посівної секції у вертикальній площині й повинні нейтралізуватися характеристиками міцності самої секції.

Ймовірний «синусоїдальний» рух посівної секції в горизонтальній площині за рахунок широкого спектру діапазону характеристик грунту (комкуватість, твердість, вологість, наявність рослинних залишків на поверхні) доцільно виключити за допомогою збільшення моменту сили зчеплення котка з ґрунтом та

за допомогою збільшення сили притискання котка до ґрунту при одночасному зростанні місця контакту котка, щоб зберегти питомий тиск на грунт або шукати вирішення відносно збільшення коефіцієнта зчеплення котка з ґрунтом.

Висновки по розділу

Таким чином, нами наведено конструктивну схему удосконаленої дискової посівної секції зернотукової сівалки та проведені дослідження відносно параметрів, що забезпечують стійкість її ходу.

Визначено, що ширина борозни для насіння у верхній її частині 0,05 м забезпечується посівними дисками радіусом 0,2 м, при куті атаки $5,7^0$. А зміна кута атаки посівних дисків в межах від $5,7^0$ до 20^0 при глибині ходу посівного диска 0,07 м призводить до зниження опору в поперечному напрямку лише на 29 Н. При такому характері зміни поперечної сили, виключається можливість стабілізації ходу посівної секції у горизонтальній площині шляхом зміни кутів атаки посівних дисків без врахування стабілізуючої ролі котка. Тому, при глибині посіву 0,07 м та відстані правого посівного диска від осі симетрії стійки 0,07 м сила притискання котка повинна складати 262 Н.

РОЗДІЛ 3
ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1. Організація охорони праці в АПК.

Організація охорони праці в АПК – це передбачений чинним законодавством комплекс заходів щодо державного регулювання охорони здоров'я працівників господарства, забезпечення виконання основних вимог законодавства з охорони праці безпосередньо на підприємствах, додержання кожним працівником правил і норм з охорони праці.

Відповідно до Закону України «Про охорону праці» [1], дія якого поширюється на всіх юридичних та фізичних осіб, які відповідно до законодавства використовують найману працю, та на всіх працюючих, обов'язок створення на робочому місці в кожному структурному підрозділі умов праці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечення додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці покладається на роботодавця. З цією метою роботодавець забезпечує функціонування системи управління охороною праці, яка створюється суб'єктом господарювання і має передбачати підготовку, прийняття та реалізацію завдань щодо здійснення організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на збереження життя, здоров'я та працездатності найманих працівників у процесі їх трудової діяльності.

Для цього роботодавець створює відповідні служби й призначає посадових осіб, які забезпечують вирішення конкретних питань охорони праці, затверджує інструкції про їх обов'язки, права та відповідальність за виконання покладених на них функцій, а також контролює їх додержання. Для функціонування системи управління охороною праці роботодавцем на основі ст. 15 Закону та Типового положення про службу охорони праці, затвердженого наказом Держнаглядохоронпраці від 15 листопада 2004 р. № 255 створюється служба охорони праці, яка підпорядковується безпосередньо роботодавцю, ним же

розробляється і затверджується Положення про службу охорони праці відповідного підприємства.

3.2. Заходи з охорони праці під час роботи з посівними машинами.

Охорона праці під час роботи з посівними машинами вимагає обов'язкового проходження інструктажів (вік від 18 років), використання засобів індивідуального захисту (рукавиці, респіратори), справності техніки та механізації завантаження. Ремонт, очищення робочих органів (сошників) проводять лише при зупиненому двигуні трактора, опущених механізмах та з використанням спеціальних чистиків [1].

Основні вимоги безпеки:

1) Підготовка: до роботи допускаються особи, які пройшли навчання та інструктаж з охорони праці та пожежної безпеки.

2) Завантаження сівалок насінням та добривами має бути механізованим. Ручне завантаження дозволяється тільки при зупиненому двигуні.

3) Рух та маневрування: заборонено працювати на навісних сівалках сівачам, а також перевозити людей. Маневрування заднім ходом із заглибленими робочими органами заборонено.

4) Технічне обслуговування: ремонтні та регулювальні роботи виконуються тільки після повної зупинки агрегату.

5) Робота з аміаком: поблизу ємностей з аміаком заборонено курити. У разі потрапляння розчину на шкіру – промити водою та звернутися до лікаря.

6) Безпечна зупинка: при зупинці агрегату необхідно опустити робочі органи на землю, вимкнути двигун та задіяти стоянкове гальмо.

Заборонено:

1) Перебувати між трактором та сівалкою під час зчіпки.

2) Очищати сошники на ходу.

3) Працювати при несправних механізмах фіксації маркерів.

4) Залишати посівний агрегат з увімкненим двигуном.

За порушення правил охорони праці працівники несуть дисциплінарну, адміністративну або кримінальну відповідальність.

Висновки по розділу

Таким чином, в разі роботи з посівними машинами обслуговуючий персонал має дотримуватись правил з охорони праці та техніки безпеки. Дані правила прописані в Законі України «Про охорону праці». Також за техніку безпеки працівників відповідає роботодавець.

РОЗДІЛ 4
ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ

Визначення економічної ефективності застосування зернотукової сівалки з розробленою дисковою посівною секцією проведено шляхом порівняння базового варіанту, в якості якого обрано зернотукову сівалку Rapid RD-400 [6], з пропонованим варіантом – вітчизняна сівалка СЗ-3,6А. Сівалки по базовому та пропонованому варіантах мають механічну подачу насіння та добрив, можуть використовуватися на підготовленому ґрунті та прямому посіві, робочі швидкості перебувають у діапазоні 10…15 км/год, робоча ширина становить 4 м [8].

Для сівалки Rapid RD-400 рекомендовано робочу швидкість 13...14 км/год. При робочій швидкості сівби 14 км/год годинна продуктивність посівного комплексу у складі трактора Т-150К+2 + Rapid RD-400 складає 7 га/год. Для агрегату Т-150К+2 + СЗ-3,6А годинна продуктивність дорівнює 6,5 га/год.

Річний економічний ефект від використання агрегату в складі трактора Т-150К+2 із двома модернізованими сівалками, обладнаними розробленими посівними секціями розраховуємо за наступною формулою:

$$Е_р=Н_р(ПВ_Б–ПВ_П+Е), \quad (4.1)$$

де $Е_р$ – річний економічний ефект, грн./рік; $Н_р$ – річне напрацювання нової машини, га/рік; $ПВ_Б$, $ПЗ_П$ – приведені витрати на одиницю напрацювання відповідно за базовим варіантом та за пропонованою машинами, грн./га; Е – економічний ефект від отриманого збільшення врожаю пшениці за рахунок обсягу збереженої води при паводку та зливах, внутрішньоґрунтового внесення добрив поблизу кореневої системи разом з посівом, грн./га.

Прямі експлуатаційні витрати включають такі елементи:

$$ПЕВ=ЗП+ПММ+ТО+ПР+Р+ПВ, \quad (4.2)$$

де ЗП – заробітна плата обслуговуючих робітників, грн.; ПММ – витрати на паливо-мастильні матеріали, грн.; ТО та ПР – витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт, грн.; Р – витрати на реновацію, грн./га; ПВ – питомі витрати на добрива та насіння, грн./га.

Дані розрахунки проводилися за формулами, що наведені в [9].

У базовому та запропонованому варіантах посівні машини здійснюють аналогічні функції: рихлять ґрунт, здійснюють посів зернових, що вносять основну дозу мінеральних добрив нижче рівня посіву, ущільнюють ґрунт над насінням. Це дозволяє при їх техніко-економічному порівнянні, витрати на мінеральні добрива та насіння не враховувати [9].

Вихідні дані техніко-економічної оцінки та проміжні розрахунки зведені до таблиці. Порівняльні показники економічної ефективності використання зернотукової сівалки, обладнаної розробленими посівними секціями, наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Порівняльні показники економічної ефективності використання зернотукової сівалки, обладнаної розробленими посівними секціями

Найменування показників	Значення показників		Величина зміни, грн./га
	Базовий варіант	Новий варіант	
Витрати на оплату праці, грн./га	14,75	15,88	-1,13
Витрати на реновацію, грн./га	1287,9	687,79	600,10
Витрати на технічне обслуговування, поточний та капітальний ремонт, грн./га	750,63	416,72	333,90
Витрати на паливо-мастильні матеріали, грн./га	123,98	123,98	0
Прямі експлуатаційні витрати, грн./га	2177,28	1228,52	948,75
Питомі капітальні вкладення, грн. /га	10114,28	5298,45	4815,82
Наведені витрати, грн./га	2975,02	2023,29	951,72

З таблиці 4.1 випливає, що економічний ефект від використання зернотукової сівалки дорівнює 951,72 грн./га, а річний дорівнює 555,02 тис. грн.

Висновки по розділу

Таким чином, агроекономічна оцінка використання модернізованої зернотукової сівалки, обладнаною розробленою дисковою посівною секцією в порівнянні з аналогом Rapid RD-400 показала, що економічний ефект від її використання дорівнює 951,72 грн./га, а річний – становить 555,02 тис. грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Таким чином, за результатами проведених досліджень в даній роботі можна зробити узагальнені висновки, що наведені нижче.

На підставі аналізу використання засобів механізації для комбінованого посіву зернових культур з одночасним внесенням добрив, розроблено конструктивно-технологічну схему посівної секції зернотукової сівалки на базі дисків, що забезпечує виконання чотирьох технологічних операцій за один прохід агрегату: розпушування ґрунту в зоні посіву, внесення основних добрив нижче рівня розміщення насіння, посів двох рядків стартових добрив, ущільнення ґрунту над насінням.

З експериментальних досліджень визначено, що раціональні параметри дискової посівної секції, мають бути наступні: відстань від осі повороту секції до місця встановлення на Г-подібній стійці центрального диска радіусом 0,25 м – 0,37 м, посівних дисків радіусом 0,20 м, відповідно лівого – 0,87 м, правого – 1,27 м, їх кути атаки – $5,7^0$, відстань від осі повороту до осі котка радіусом 0,23 м – 1,86 м, сила притискання котка не менше 262 Н.

В роботі приведені організація охорони праці в АПК та правила техніки безпеки при використанні посівних машин, дотримання яких уникає виробничих травм обслуговуючого персоналу агрегатів.

Зроблено оцінку техніко-економічного обгрунтування пропонованої розробки, що показує ефективність її впровадження у виробництво. Так, як економічний ефект від її використання дорівнює 951,72 грн./га, а річний – становить 555,02 тис. грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про охорону праці». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text. (Дата звернення: 22.01.2026).

2. Мінімальний обробіток грунту. URL: https://superagronom.com/slovnik-agronoma/minimalna-obrobka-gruntu-mini-till-id20491. (Дата звернення: 19.01.2026).

3. Озимі культури особливості посіву, морозостійкість та загартування. https://agroapp.com.ua/uk/blog/ozimi-kulturi-osoblivosti-posivu-morozostijkist-ta-zagartuvannya/ (Дата звернення: 19.01.2026).

4. Пушка О.С., Войтік А.В., Ковальчук Ю.О. Інструктивно-методичні матеріали до виконання дипломних проектів студентами спеціальності 208 «Агроінженерія» першого освітнього рівня (бакалаврського). Умань : УНУС, 2020. 27 с.

5. Робочі органи сівалок. URL: https://studfile.net/preview/5063474/page:22/ (Дата звернення: 20.01.2026).

6. Сівалки Rapid. URL: https://www.vaderstad.com/ua/sivba/rapid. (Дата звернення: 20.01.2026).

7. Сівалки зернотукові. URL: https://demetra-site.com.ua/catalog/sivalki-zernovi?srsltid=AfmBOoqAw23VSGuxajmYva2PboAOs_kJZSZ8lM4cFnG5XrKt60olXCDC. (Дата звернення: 19.01.2026).

8. Сільськогосподарські машини. Електронний підручник. URL: https://rafk.if.ua/ebook/sgmash/Index.htm. (Дата звернення: 20.02.2026).

9. Техніка сільськогосподарська. Методи економічної оцінки. ГОСТ 23728-88, ГОСТ 23730-88.

10. Karayel D., Barut Z.B., Özmerzi A. Mathematical modelling of vacuum pressure on a precision seeder. *Biosystems Engineering*. 2004. Т. 87, №. 4. С. 437–444.

11. Schonberger Hg., Zimmerman A. Ertragsbildung von Getrede-Kumung und Feldaufgang. DLG. Mitteilungen, 2014, Bd 99, H. 7, s. 385.