

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра технологій та засобів механізації аграрного виробництва

Пояснювальна записка
до *дипломної роботи* на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»
на тему: «Підвищення якості сівби насіння зернових культур застосуванням
вдосконаленого висівного апарату»

Виконав: здобувач вищої освіти за
освітньо-професійною програмою
Технології і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва
спеціальності 208 Агроінженерія
ступеня вищої освіти «*магістр*» групи 6
Орос Василь Васильович
Керівник: Келемеш А. О.
Рецензент: Дудник В. В.

Полтава – 2021 року

ВСТУП

Актуальність теми.

Найбільш важливою і відповідальною операцією в технології обробітку зернових культур є сівба. На майбутній урожай впливають як природно-кліматичні умови, так і ґрунтове середовище існування, а також якість виконання посівних робіт, все це дозволить знизити витрати праці і собівартість одержуваної продукції.

Створити рівномірний і безперервний потік насіння при зниженні дроблення, забезпечити стійкий висів встановленої норми, незалежно від швидкості руху сівалки, все це є завданням висівного апарату. Висівні апарати повинні бути універсальні, мати просту конструкцію, надійне і зручне регулювання норми висіву.

Відомі різні типи конструкцій катушкових висівних апаратів, які як правило, мають катушки з прямими жолобками. При роботі такі катушки видають пульсуючий потік насіння, внаслідок чого утворюються пропуски між рослинами, що перевищують допустимий інтервал. Крім того, такі катушки мають високий показник нерівномірності розподілу насіння по довжині рядка, а також дроблення насіння та нестійкість загального висіву. Перераховані фактори в цілому призводять до зниження врожайності зернових культур.

На підставі вищевикладеного можна зробити висновок, що дослідження, спрямовані на підвищення якісних показників сівби зернових культур шляхом розробки катушкового висівного апарату для зернової сівалки, мають важливе економічне і господарське значення.

Мета дослідження. Підвищення якості сівби насіння зернових культур застосуванням вдосконаленого висівного апарату.

Об'єкт дослідження. Технологічний процес висіву насіння.

Предмет дослідження. Конструктивні і режимні параметри висівного апарату з удосконаленою катушкою.

Методика досліджень. Теоретичні дослідження виконані з використанням принципів класичної механіки, математичного аналізу, моделювання та ін. Експериментальні методи використовувалися при проведенні лабораторних і лабораторно-польових досліджень з використанням теорії багатфакторного експерименту, математичної статистики.

Теоретична та практична значущість. Проведені наукові дослідження послужили основою для розробки конструкції висівного апарату. Використання пропонованого висівного апарату з чотирьох секційною котушкою, дозволяє знизити нерівномірність розподілу насіння зернових культур по довжині рядка і нестійкість загального висіву.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Особливості сівби зернових культур

Ячмінь є однією з найдавніших злакових культур, що вирощуються людиною.

Ячмінь є найважливішою продовольчою, кормовою та технічною культурою. Більшість країн світу займається вирощуванням ячменю, лідерами по виробництву ячменю в 2019 році є Німеччина (понад 11 млн. тон на рік) і Франція (понад 11 млн. тон на рік) [2].

В Україні вирощуються переважно ярі сорти ячменю. Зерно ячменю є універсальною культурою, як по широті розповсюдження, так і за призначенням його використання. Зерно, містить в собі 60-65% без азотистих екстрактивних речовин, 7-17% білка, 5-6% клітковини, 1-2% жиру, 2-3% зольних речовин [3]. Урожай ячменю використовується як концентрований корм у тваринництві в більшій частині для корму свиней, так як попит на такий корм досить високий. У молочно-м'ясному скотарстві ячмінь теж користується великим попитом. Дослідження показують, про те що використання ячменю в складі комбікормів зміцнює стан здоров'я худоби і підвищує витривалість в період зимівлі. Ячмінь так само використовується для продовольчих цілей, в тому числі і пивоварної промисловості. З зерна ячменю виробляють ячмінну каву, перлову і ячну крупу, яка не поступається рисовій і гречаній за своїми корисними властивостями.

У таблиці 1.1 наведені якісні показники насіння ярого ячменю.

Таблиця 1.1 – Якісні показники насіння ярого ячменю [4]

Показник	Значення
Норма висіву, кг/га	150-220
Сортова чистота, %	99,7
Вологість, %	14,5
Схожість, %	
Польова	92,0
Лабораторна	95,0
Посівна придатність, %	91,7
Маса 1000 насінин, г	40-50
Довжина насіння, мм	5-7
Об'ємна маса, кг/м ³	600

Загальна посівна площа ячменю (станом на 2019 рік) в світі складає 59,9 млн га. Найбільші площі посіву становлять 42,8% від загальної площі засівних територій, в тому числі лідери з вирощування ячменю Німеччини і Франції (рис. 1.1) [5].

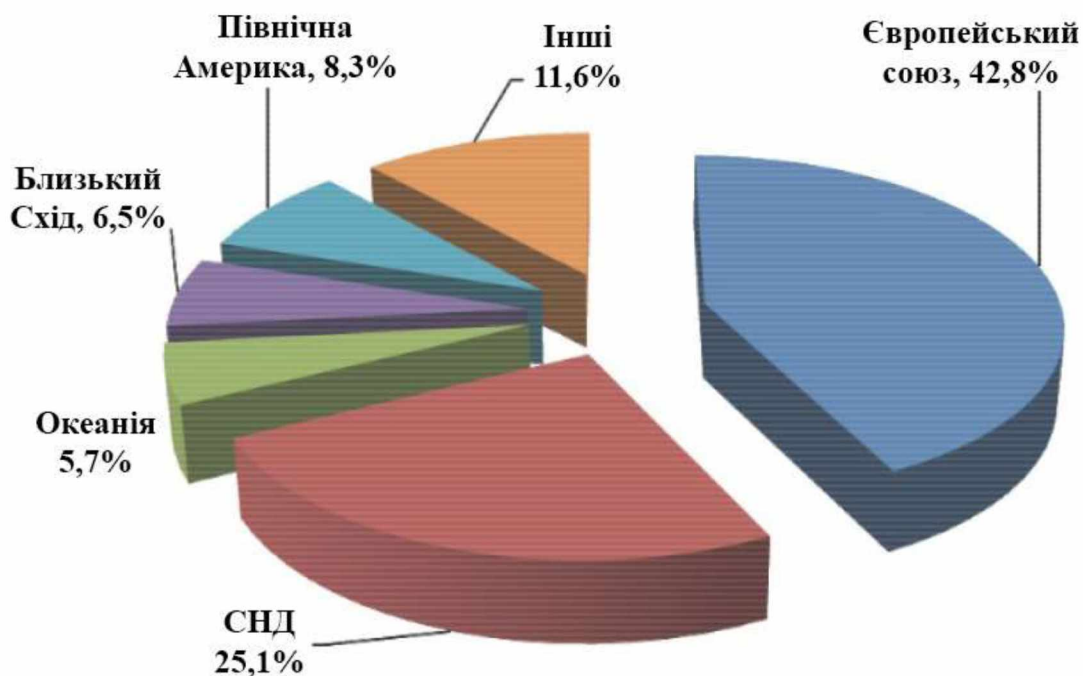


Рисунок 1.1 – Світова структура посівних площ ячменю

Обробіток зернових культур відіграє важливу роль у формуванні продовольчої безпеки країни. До зернових культур відносяться наступні: пшениця, жито, ячмінь, овес, кукурудза, рис, просо, сорго, а також гречка з сімейства гречаних. Величезна різноманітність даних культур сприяє розвитку сільськогосподарського виробництва на даному етапі розвитку. Зернові культури широко застосовуються, як основний продукт харчування людини, сировина для багатьох галузей промисловості і корми для сільськогосподарських тварин. Розвиток виробництва зернових культур є основним аспектом отримання найбільших обсягів продукції і подальшої її реалізації.

При вирощуванні зернових культур необхідно правильно підбирати способи сівби. Спосіб сівби зернових культур визначається необхідною густиною посіву та порядком розміщення рослин на одиниці посівної площі. Правильний вибір способу сівби дозволяє створити таке розміщення рослин, при якому досягається найбільш інтенсивне формування врожаю.

По ширині міжрядь і розміщення насіння в рядках розрізняють наступні способи сівби (рисунок 1.2) [6].

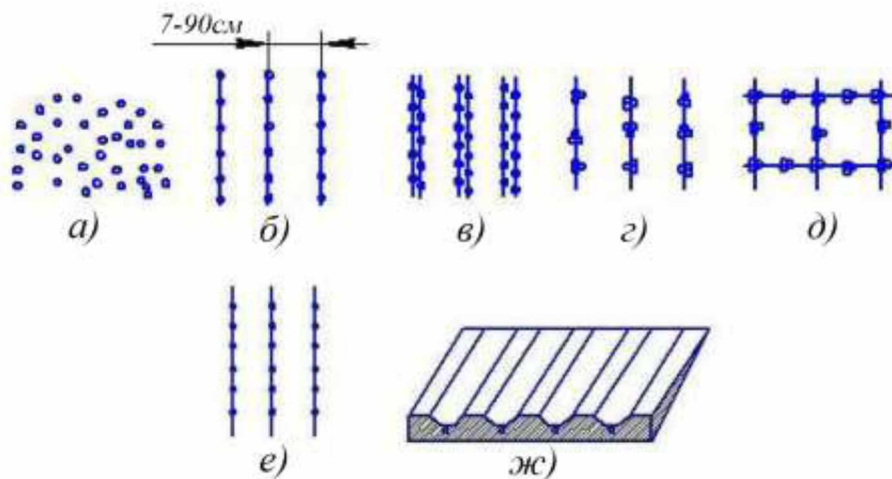


Рисунок 1.2 – Способи сівби зернових культур: а) розкидний; б) рядовий (вузькорядний 7-8 см., рядовий 15 см., широкорядний 45-90 см; в) стрічковий; г) гніздовий; д) квадратно-гніздовий; е) пунктирний; ж) бороздковий

В даний час існують наступні способи рядкового посіву:

1) вузькорядний; 2) звичайний рядовий; 3) широкорядний; 4) стрічковий; 5) гніздовий; 6) квадратно-гніздовий; 7) бороздковий; 8) гребеневий.

Найпопулярнішим з перерахованих вище способів рядкового посіву зернових культур є звичайний (суцільний) рядовий посів (рисунок 1.2, б), при використанні якого насіння збираються в рядках з відстанями між рядками в 15 см. Недоліком цього способу є нерівномірність використання простору, що тягне за собою появу бур'янів через гарне проходження сонячних променів між рядками, що сприяє появі бур'янів.

Вузькорядний спосіб посіву (рисунок 1.2, б) більш вдалий в порівнянні зі звичайним (суцільним) рядковим посівом (врожайність на 14-19% більше), що простір між рядами становить 7-8 см. Такий спосіб, дозволяє розмістити насіння більш рівномірно, внаслідок чого зменшено засміченість, а рослини рівномірно освітлені і забезпечуються поживними речовинами і водою з ґрунту.

Метою широкорядного посіву зернових культур є вирощування сільськогосподарських культур таких як кукурудза, гречка та інші. Відстань між рядами варіюється від 45 до 90 см, вибір ширини міжрядь залежить від сорту підсівальних культур [7].

Стрічковий спосіб посіву (рисунок 1.2, в) являє собою посів декількома рядами, які утворюють стрічки і чергуються широкими міжряддями. Мета методу полягає, в створенні оптимальних умов для розвитку культури і для механічного способу догляду за рослинами.

При застосуванні гніздового способу посіву (рисунок 1.4, г) насіння висіваються гніздами на рівних відстанях один від одного. В одному гнізді може міститися від 2 до 8 насінин. Такий посів характеризується розмірами ширини міжрядь. Основною перевагою методу є можливість механізованого догляду за рослинами [8].

Квадратно-гніздовий спосіб посіву (рисунки 1.2, д) при обробленні зернових культур застосовується для посіву кукурудзи. Суть методу полягає в тому, що по кутах квадрата висіваються гнізда, що сприяє швидкій появі сходів, а квадратне розташування гнізд, дозволяє вести механічний догляд за рослинами в двох напрямках уздовж і поперек, що робить прополувальні роботи повністю механізованими.

Пунктирний спосіб посіву (рисунки 1.2, е) має широке застосування для обробітку кукурудзи. Насіння висіваються по одному на рівних відстанях один від одного, а відстань між насінням варіюється від 3-8 до 20-25 см. Головна мета способу посіву є отримання окремих рослин на однакових відстанях один від одного в рядку для того, щоб залишити певну відстань для подальшої механізованої обробки від бур'янів.

Бороздковий спосіб посіву (рисунки 1.2, ж) практикується на територіях з посушливим і напівпосушливим ґрунтом. Розміщення насіння в борозенку збільшує зволоження рослин і створює оптимальні умови клімату [9].

Для посіву зернових культур на полях Полтавської області [10] найбільш прийнятним залишається рядовий спосіб посіву. При виборі даного способу оцінюються вплив природно-кліматичних умов, властивості ґрунту і витрати при посіві, підвищується оцінка якості роботи посівних машин і комплексів, що призводить до отримання високих врожаїв зернових культур.

1.2. Огляд конструктивних схем сіялок для сівби насіння зернових культур

В даний час випускаються наступні посівні машини для прямого посіву зернових культур: СЗМ Ніка-6, СЗМ 400, Amazone D9; John Deere 1590, PREMIA 9000 TRC [11 - 14].

На підставі аналізу конструкцій зернових сіялок для прямого посіву основними типами є [15-18]:

1. Сівалки точного висіву.
2. Сівалки пневматичні.
3. Сівалки механічні.

Сівалка зернова механічна СЗМ Ніка-6 (рис. 1.3) вироблена компанією ТОВ «Велес-Агро ЛТД» призначена для рядового посіву зернових, зернобобових та інших культур. Виконана при застосуванні ресурсозберігаючих технологій, сівба більшості зернових культур проводиться після мінімальної обробки ґрунту дисковими плугами. Для агрегування використовується трактор тягового класу – 3.0. У сівалки використовується катушкова система дозування висіву насіння, в сівалках серії СЗМ вдосконалена із застосуванням новітніх технологій обробки поверхонь деталей і використанням високоміцних і зносостійких компонентів при їх виготовленні. У сівалки використовується гвинтовий метод регулювання катушок на задану норму висіву і переключення швидкостей обертання редуктора, сівалка може бути налаштована як на норму мікровисіву від 6 кг/га, так і норму макровисіву до 400 кг/га, а при комплектації дрібнонасінним бункером від 1 кг/га до 40 кг/га.

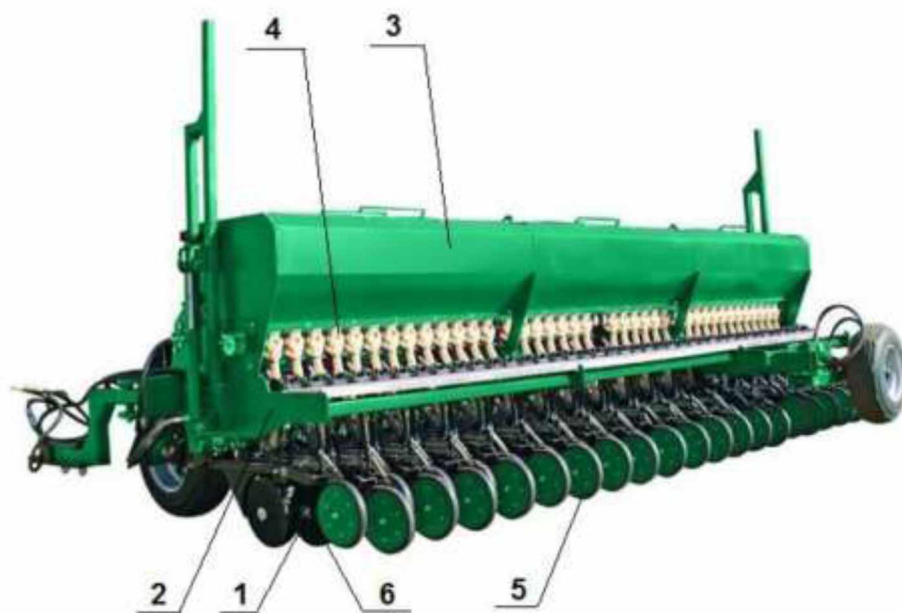


Рисунок 1.3 – Сівалка зернова механічна СЗМ Ніка-6: 1 насіннепроводи; 2 - рама; 3 - бункер; 4 - висіваючі апарати; 5 - прокочуючі катки; 6 - сошники

Сівалка складається з рами, до якої спереду приєднано дишло з причепом і самовстановлювальними колесами, сошників, зернових висівних апаратів, які приводяться від прикочуючих котків через механізм передач.



Рисунок 1.4 – Висіваючі апарати СЗМ Ніка-6

Сівалка зернова Ніка 6 має два містких бункера – 1300 л для насіння і 525 л для добрив, що створює передумови для високої продуктивності і зниження витрат на дозавантаження сівалки при проведенні сівби. Більш того, при демонтажі міжбункерної перегородки, місткість зернового бункера збільшується до 1825 л.

Для агрегування сівалки з різними типами тракторів передбачено навісне або причіпне виконання, а опція поздовжнього транспортування дозволяє перевозити сівалки СЗМ по дорогах загального призначення.

Недоліком СЗМ Ніка-6 є підвищене травмування насіння, пульсуючий потік насіння при сівбі, що відбувається через використання посівного апарату з катушкою виконаною у вигляді прямих ребер. При таких недоліках, знижується якість і кількість врожаю.

Сівалка Amazone D9 (рисунок 1.5) – навісна механічна сівалка, вироблена компанією AMAZONEN-Werke H. Dreyer GmbH & Co (Німеччина), призначена для рядкового посіву зернових і зернобобових культур, насіння трав і соняшнику.



Рисунок 1.5 - Навісна механічна сівалка Amazone D9: 1 - висівальний апарат, 2 - насіннєвий бункер, 3 - варіатор, 4 - опорно-привідне колесо, 5 - семяпровод, 6 - сошник, 7 - загортач «Ехакт»

При роботі сівалки, засипане в ящик 2, насіння стікає через отвори днища ящика на висівальні апарати 1. Привід котушок висівних апаратів здійснюється від опорних коліс 4 сівалки через варіатор 3. Насіннєвий матеріал, що подається висівальними котушками, по насіннєпроводі подається в борозни, утворені сошниками 4. Закладення насіння відбувається самоосипанням ґрунту і закладальними робочими органами – загортачами 7 або шлейф-боронами. Для зручності обслуговування і навантаження насіннєвого матеріалу сівалка оснащується підніжною дошкою.

При посіві зернових і бобових культур стандартна катушка і катушка для дрібнонасінних культур зчіплюються і обертаються одночасно, а при посіві дрібного насіння роз'єднується – стандартна катушка не обертається.

Недоліком даного типу сівалки є переривчастий (пульсуючий) потік посівного матеріалу в процесі роботи, з чого слід зниження врожайності.

Механічна сівалка моделі John Deer 1590 (рисунок 1.6) призначена для ресурсозберігаючого землеробства, і призначена для прямого посіву від зернових до бобових і дрібнонасінних трав. У сівалки використовуються катушкові висіваючі апарати, які точно дозують подачу з бункера до сошників. Внутрішня частина корпусу виконана з армованого скловолокном ацетального сополімера, сучасного дорогого пластичного матеріалу, який розширюється, дозволяючи стороннім об'єктам пройти через заслінку без пошкодження корпусу висівного апарату, дозатора або катушок. У висівальному апараті встановлена катушка з прямими ребрами.

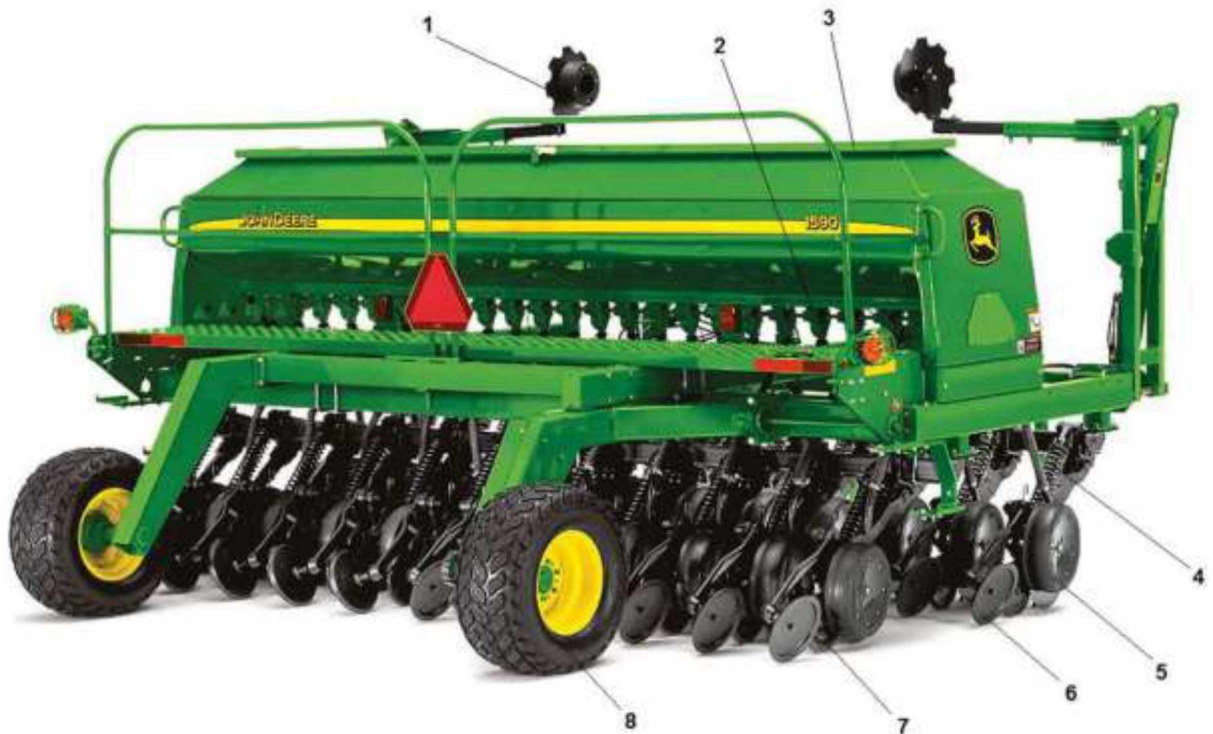


Рисунок 1.6 – Сівалка John Deer 1590: 1 - маркер; 2 - висіваючий апарат; 3 - бункер; 4 підвіска; 5 - копіювальне колесо; 6 - зароблююче колесо; 7 - колесо для накочування; 8 – привідне колесо

Сівалка передбачає установку додаткових бункерів, для внесення добрив при посіві, однак додаткові бункери не входять до складу базової комплектації сівалки і вимагають додаткових витрат на їх придбання у виробника.

У конструкції сівалки застосовується технологія активного гідравлічного притискного зусилля. Залежно від рельєфу або стану ґрунту можна збільшити зусилля до 181 кілограми на кожен сошник для хорошого проникнення в ґрунт, відмінного прикочування і більш точного висіву. Сівалка включає в себе задні прикочуючі колеса, заробляючі колеса, копіювальні колеса і однодисковий сошник, де установка сошників передбачена, в один і два ряди. Сівалка виготовляється з робочою шириною 3 м, 4,6 м, 6,1 м [14].

Привідна система сівалки влаштована таким чином, заднє праве транспортне колесо забезпечує привід усієї дозуючої системи через ланцюгову передачу. Дозатор включається і відключається автоматично через муфту при гідравлічно контрольованому піднятті/опусканні сошників для зупинки подачі насіння з дозатора при повороті сівалки. У базовій комплектації сівалки встановлений лічильник, який дозволяє контролювати норму висіву.

До недоліків даної сівалки можна віднести те, що на ній встановлений висіваючий апарат катушкового типу з прямими ребрами, що не забезпечує рівномірний розподіл насіння по площі розсівання, через порційний висів нестійкого по товщині і обсягу активного шару насіння, вартість на ринку, яка перевищує в два рази вартість аналогічних сівалок, складність в обслуговуванні, яка вимагає технічного огляду через свою складну конструкцію і наявність бортових комп'ютерів для контролю норми висіву.

1.3. Огляд конструктивних схем висівних апаратів зернових сівалок

Конструкції механічних сівалок вітчизняного і зарубіжного виробництва комплектуються катушковими висіваючими апаратами. Зустрічається безліч типів катушкових висівних апаратів. При роботі даного типу висівних апаратів спостерігається травмування насіннєвого матеріалу, пульсація потоку висівання насіння, нестійка норма висіву. Відповідно дослідницька діяльність в даному напрямку, як і раніше є актуальною [12].

Операція сівби безпосередньо залежить від роботи висівних апаратів, зокрема від рівномірності розподілу насіння по площі розсівання [13].

Забезпечення безперервності висівального потоку насіння і стійкої норми висіву, мінімальне травмування посівного матеріалу і можливість висіву різних сільськогосподарських культур, є основними вимогами до висівних апаратів [2, 3, 14].

Для вдосконалення конструкцій існуючих висівальних апаратів і створення нових необхідно провести аналіз відомих висівних апаратів. На рисунку 1.7 представлена класифікація висівних апаратів. Висіваючі апарати за способом дозування бувають індивідуального, групового і централізованого дозування, по типу дозуючих пристроїв: пневматичні, механічні, пневмомеханічні. У свою чергу механічні висіваючі апарати можна розділити по технологічному процесу на періодичного висіву і безперервного висіву. Механічні висіваючі апарати періодичного висіву за типом робочих органів підрозділяються на катушкові, внутрішньореберні, метеликові, ложкові, гвинтові. Механічні висіваючі апарати безперервного висіву за характером впливу на насіння бувають примусового викиду і вільного витікання. За типом робочих органів вони діляться на дисково-штифтові, дискові, штифтові і стрічкові [14, 15].

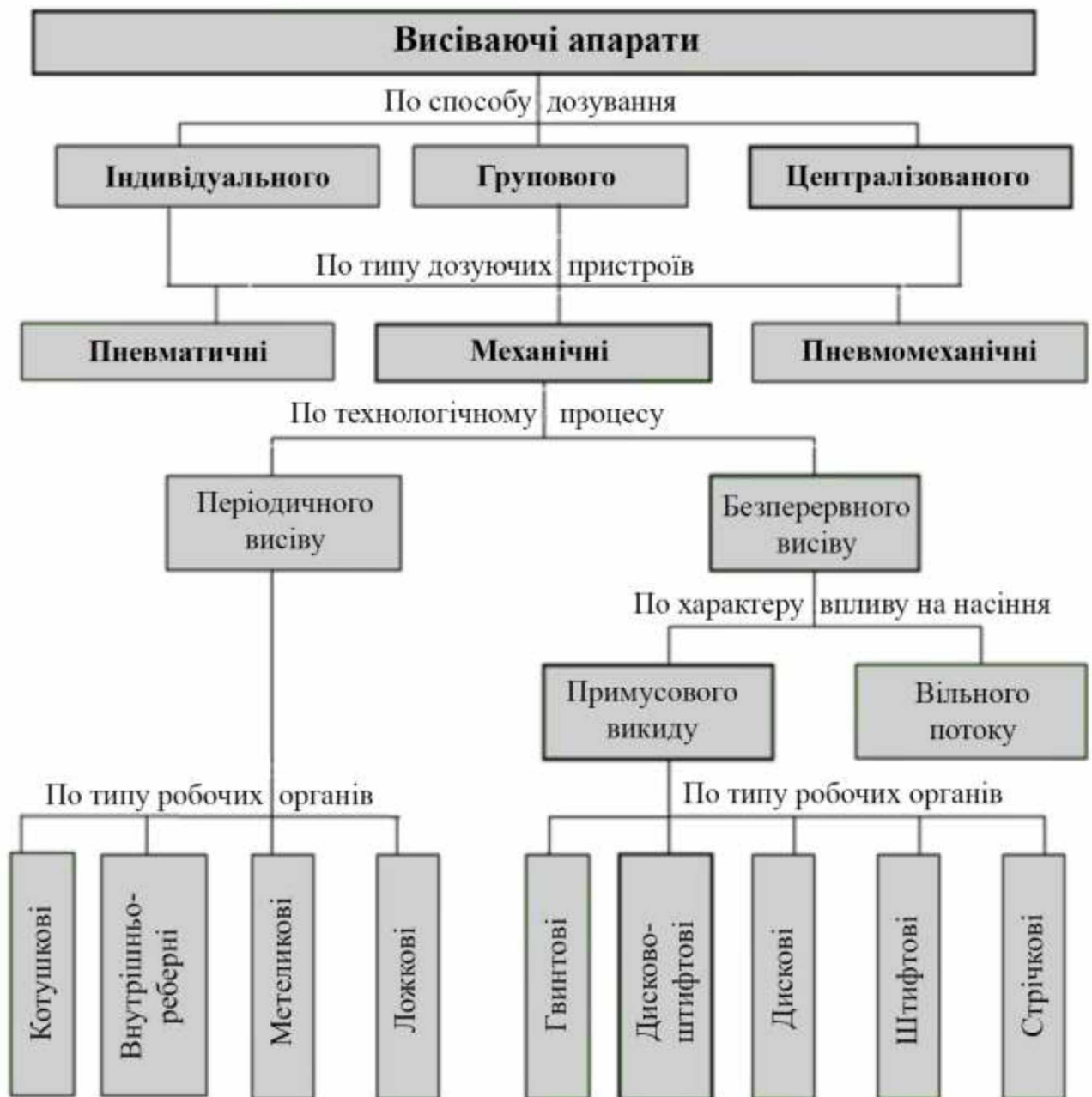


Рисунок 1.7 – Класифікація висівальних апаратів

В даний час найбільшого поширення в сучасних сівалках отримали висівальні апарати котушкового типу, які в найбільшій мірі задовольняють агротехнічним вимогам при сівбі насіння різних культур [15].

Відомий висіваючий апарат [16] (рис. 1.8) який містить насіннєву коробку з розеткою, встановлену на валу котушку з жолобками, направляюч

насіння в нижню частину насінневої коробки і муфту з ребром і клапаном, при цьому ребра жолобків котушки не мають щіткового обрамлення і виконані по гвинтовій лінії під кутом $18-22^\circ$ до осьової лінії котушки, а задня торцева частина клапана виконана прямокутної форми, причому лінія обрізу задньої торцевої частини клапана розташована нижче осі котушки з жолобками на $(0,6-0,7) R$ котушки, при цьому кінець одного ребра котушки з жолобками по ходу обертання котушки збігається з правою вершиною клапана, а початок наступного за ним ребра котушки з жолобками збігається з лівою вершиною клапана при цьому, прорізи розетки виконані за формою ребер котушки з жолобками під кутом $18-22^\circ$ до осьової лінії котушки. Висіваючий апарат покращує рівномірність розподілу насіння по довжині рядка, має підвищений термін служби і можливість регулювання на різні норми висіву.

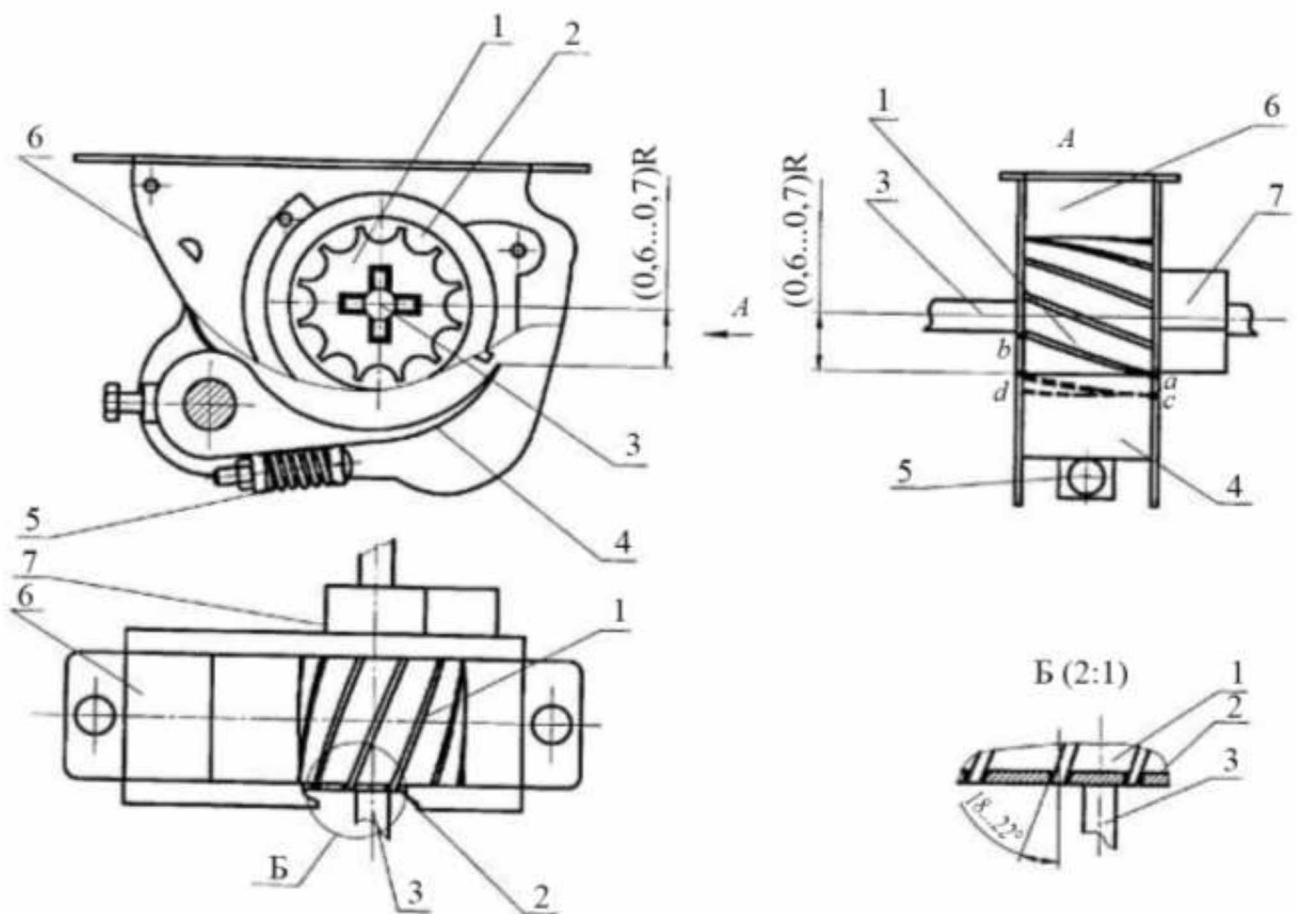


Рисунок 1.8 – Загальний вигляд висівного апарату котушкового типу: 1 - котушка з жолобками; 2 - розетки; 3 - вал; 4 - клапан; 5-пружина; 6 - насіннева коробка; 7 - муфта

При регулюванні норми висіву насіння катушку з жолобками 1 зміщують всередину або назовні насінневої коробки 6 шляхом переміщення катушки з жолобками 1 з валом 3 в осьовому напрямку, при цьому одночасно прокручується розетка 2 по ходу нахилу ребер. Норму висіву регулюють також шляхом зміни частоти обертання катушки з жолобками 1 висівного апарату. Зазор між клапаном 4 і катушкою з жолобками 1 встановлюють за допомогою регулювального гвинта 5 в залежності від розмірів висівального насіння. Мимовільне витікання насіннєвого матеріалу в зазор для виходу насіння між клапаном 4 і катушкою з жолобками 1 виключається за рахунок того, що задня торцева частина клапана 4 виконана прямокутної форми, причому лінія обрізу (*ad*) задньої торцевої частини клапана 4 розташована нижче осі катушки з жолобками 1 на $(0,6 \dots 0,7) R$ катушки з жолобками 1.

Основним недоліком висівного апарату є підвищена нерівномірність висіву, а саме зміна висіву від швидкості руху, а також дроблення насіння. Розміщення косозубих жолобків під гострим кутом до осьової лінії катушки, призводить до ковзання насіння по косим зубам жолобків зважаючи різниці фрикційних властивостей зерна різних культур, при цьому для різних культур необхідно мати катушки з різними кутами нахилу косозубих жолобків, при цьому насіння потрапляють до стінок корпусу висівного апарату, що викликає травмування насіння між ребрами катушки і розеткою.

Також до недоліків катушкових висівних апаратів можна віднести, нерівномірний висів насіння по довжині рядка, в зв'язку з тим, що висіваючий апарат з лівим і правим напрямком жолобків катушок, при роботі впливають на зерно, яке при висіві переміщається до лівої чи правої сторони коробки, викликаючи змінне ущільнення насіння. Крім того, як і усім висіваючим апаратам з гвинтовими жолобками, йому притаманне підвищення травмування насіння.

Висновки, мета і завдання досліджень

Метою даних досліджень є підвищення якості посіву насіння зернових культур застосуванням вдосконаленого висівного апарату.

Поставлена мета досягалася при послідовному розв'язанні таких завдань:

1. Обґрунтувати і розробити конструктивно-технологічну схему і конструкцію висівного апарату для посіву насіння зернових культур.
2. Виконати теоретичні дослідження технологічного процесу сівби насіння висіваючим апаратом з чотирьохсекційною катушкою.
3. Провести його лабораторні дослідження із визначенням оптимальних конструктивних і режимних параметрів висіваючого апарату.
4. Визначити техніко-економічну ефективність застосування посівного апарату.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА І ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Програма досліджень

Для проведення експериментальних досліджень необхідно провести аналіз, що включає наступне [13, 16]:

- проведення лабораторних випробувань: виготовлення експериментального висівного апарату з чотирьохсекційною котушкою, жолобки якої виконані у формі частини тора; визначення конструктивних і режимних параметрів експериментального висівного апарату з чотирьохсекційною котушкою, жолобки якої виконані у формі частини тора, що роблять найбільший вплив на якісний показник посіву (нерівномірність розподілу насіння по довжині рядка).

- проведення лабораторно-польових випробувань: визначення фізико-механічних властивостей ґрунту; випробування експериментальних висівних апаратів з чотирьохсекційними котушками, жолобки яких виконані у формі частини тора, встановлених на серійній сівалці СЗ-5,4-06.

2.2. Опис пропонованого технічного засобу

Проаналізувавши роботу висівних апаратів котушкового типу, можна встановити, що всі вони мають при роботі котушки активний шар насіння, при цьому товщина активного шару непостійна і залежить від сил внутрішнього тертя між насінням, окружної швидкості ребер котушки, виду насіння, тому висів насіння стандартною котушкою пульсуюче-порційний, через що різко знижується рівномірність розподілу насіння по площі розсівання, ускладнюється установка малих норм висіву. Все це веде до зниження врожайності сільськогосподарських культур [4, 17].

Відповідно був запропонований новий висіваючий апарату для посіву зернових культур з чотирьохсекційною котушкою, жолобки якої виконані у формі частини тора. Визначення необхідних розмірів чотирьохсекційної котушки є задачею теоретичних досліджень.

Запропонована конструкція висіваючого апарату, включає насінневу коробку 1 з розеткою 2, встановлену на валу 3 чотирьохсекційну котушку 4 з жолобками, направляч насіння в нижню частину насінневої коробки 1, муфту 5 з ребром і клапаном 6, при цьому жолобки секційної котушки 4 мають форму частини поверхні обертання Π тора T , при цьому радіус R твірної окружності тора дорівнює 7,1 мм, при цьому на валу 3 чотирьохсекційної котушки 4 між секціями чотирьохсекційної котушки 4 і по торцях чотирьохсекційної котушки 4 встановлені розділові диски 7, при цьому посадкові отвори розділових дисків 7 на вал 3 чотирьохсекційної виконані з розмірами рівними розмірами валу 3 чотирьохсекційної котушки 4, при цьому осі симетрії розділових дисків 7 збігаються з віссю симетрії чотирьохсекційної котушки 4, при цьому діаметр розподільних дисків 7 дорівнює діаметру чотирьохсекційної котушки 4, при цьому товщина кожного розділового диска 7 дорівнює 0,5 мм, при цьому загальна довжина чотирьохсекційної котушки 4 разом з розділовими дисками 7 дорівнює довжині стандартної котушки з жолобками, при цьому розетка 2 насінневої коробки 1 виконана у вигляді суцільного диска з посадковим отвором для установки розетки на вал 3 чотирьохсекційної котушки 4, при цьому секції чотирьохсекційної котушки і розділові диски 7 виконані з полімерного матеріалу як єдине ціле.

З насінневого ящика насіння самопливом надходить в насінневу коробку 1 висівного апарату і заповнюють простір навколо чотирьохсекційної котушки 4 з жолобками. При обертанні чотирьохсекційної котушки 4 з жолобками, насіння западає в жолобки котушки 4, переміщається в нижню частину насінневої коробки 1 і скидається з клапана 6 у воронку насіннепроводу (непоказано) плавним без пульсації потоком

насіння, при строгому дотриманні головних критеріїв якісних показників роботи висівного апарату: нерівномірності загального висіву насіння і нерівномірності розподілу насіння по довжині рядка, а також травмування насіння, завдяки тому, що робоча частина чотирьохсекційної котушки 4 розділена на чотири частини розділовими дисками 7 встановленими між секціями котушки 4 і по торцях чотирьохсекційної котушки.

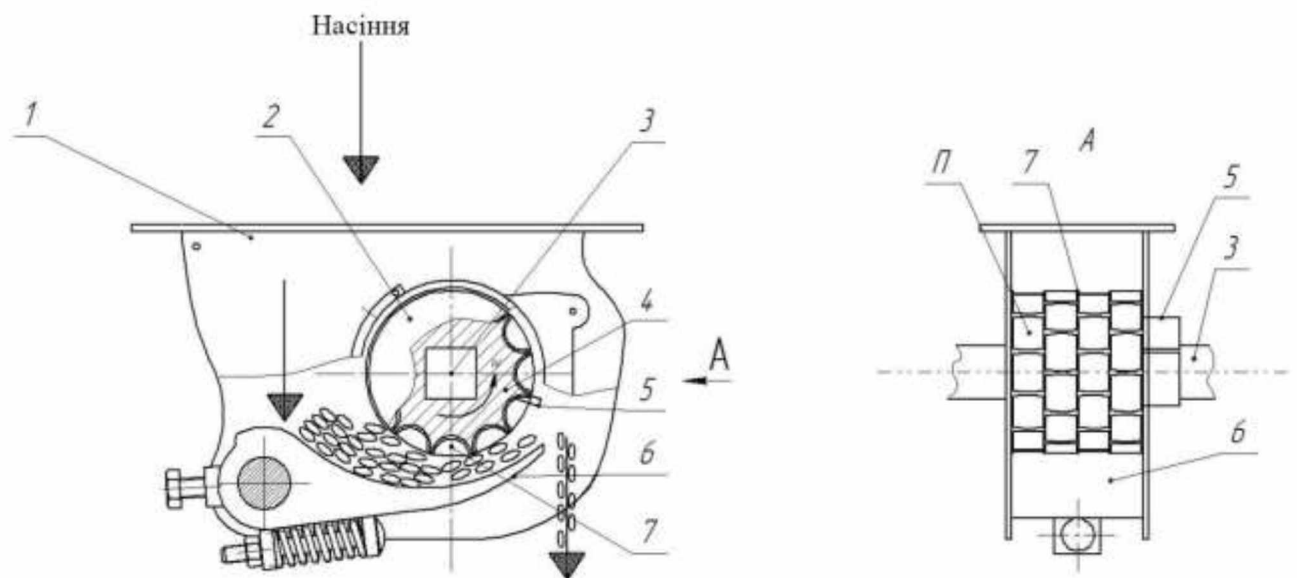


Рисунок 2.1 – Конструктивно-технологічна схема висіву насіння зернових культур висівальним апаратом: 1 - насіннева коробка; 2 - розетка; 3 - вал; 4 - котушка; 5 - муфта; 6 - клапан; 7 - розділові диски; П – частина поверхні обертання тора

Так само установка роздільних дисків 7 позначиться на більш кращому заповненні насінням жолобків секційної котушки, що призведе до зниження нерівномірності загального висіву насіння висівальним апаратом і зниження нерівномірності розподілу насіння по площі розсівання, при цьому жолобки секційної котушки мають форму частини поверхні обертання.

Крім того, установка роздільних дисків і виконаних жолобків чотирьохсекційної котушки у формі тора, повністю виключає вихід насіння з

робочих поверхонь ребер секційної котушки, що дозволить отримати висів насіння секційної котушки з жолобками без пульсації їх висіву, при цьому домогтися більш низької нерівномірності загального висіву насіння і зниження нерівномірності розподілу насіння по площі розсівання.

Таким чином установка роздільних дисків і виконання жолобків чотирьохсекційної котушки у формі тора дозволить домогтися більш низької нерівномірності загального висіву насіння, а так само більш низькою нерівномірності розподілу насіння по площі розсівання, при зниженні травмування насіння і витрати насіння на одиницю площі. Все це підвищує якість посіву насіння, врожайність культури і знижує собівартість продукції.

2.3. Методика проведення лабораторних досліджень

При розробці конструкції висівного апарату, жолобки чотирьохсекційної котушки якого, виконані у формі частини поверхні обертання тора для посіву насіння зернових культур необхідно вивчити фізико-механічні властивості насіння ярого ячменю.

Для визначення статичного кута тертя використовувався прилад, представлений на рисунку 2.2. Він складається з затискачів для поверхонь 1, 2, шкали 3 з позначенням кута нахилу, підстави 4, випробовуваної поверхні 5, зразка насіння 6, осі 7, підстави приладу 8. На випробувану поверхню 5, попередньо закріплену зажимами 1, 2, укладали зразок насіння 6 (5 шт.) і змінювали кут нахилу підстави 4 з поверхнею 5. При початковому моменті ковзання тертьових зразків насіння по стрілці і шкалою 3 приладу визначався кут статичного тертя для кожної з поверхонь (сталеві пофарбовані, сталеві нефарбовані, алюмінієві, полімерні). Знаходилося значення тангенса від даних кутів. Проводилась п'ятиразова повторність досліду [9, 14].

Програма лабораторних досліджень передбачала дослідження висівного апарату, жолобки чотирьохсекційної котушки якого, виконані у

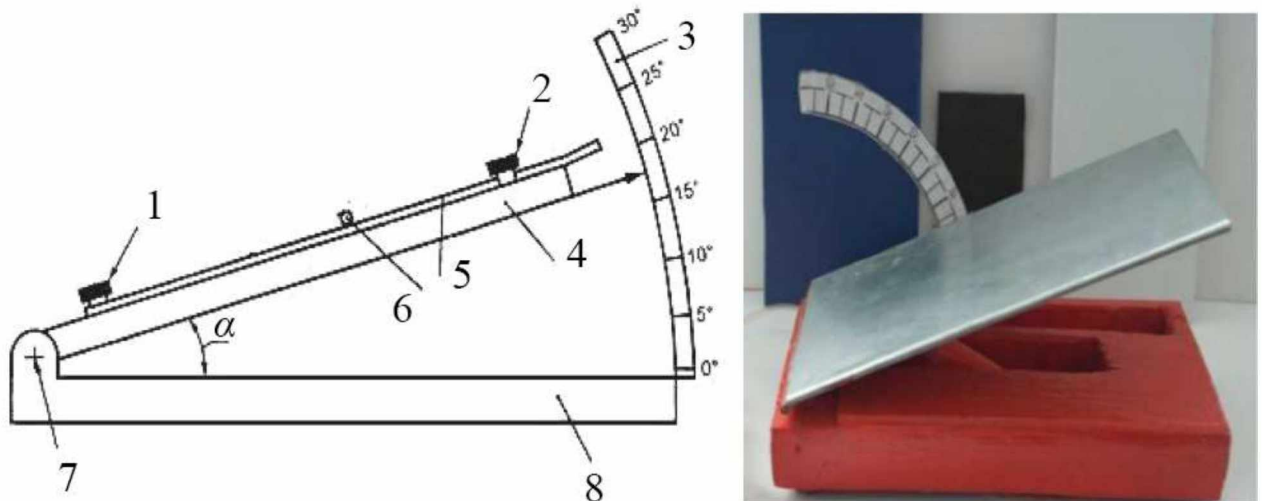


Рисунок 2.2 – Прилад для визначення статичного кута тертя: 1, 2 - затискачі для поверхонь; 3 - шкала; 4 - підстава; 5 - випробовувана поверхня; 6 – зразок насіння; 7 - вісь; 8 - підстава приладу

формі частини поверхні обертання тора, зернової сівалки з метою визначення оптимальних значень його конструктивних і кінематичних параметрів, що забезпечують оптимальний розподіл насіння по довжині рядка.

2.4. Методика визначення нерівномірності розподілу насіння по довжині рядка

Відповідно до методики Н.І. Любушка [16] за критерії рівномірності розподілу насіння по площі розсівання були прийняті коефіцієнт варіації і відсоток облікових квадратів з числом насіння рівним нулю і одиниці. Ґрунтуючись на методику Н.І. Любушка [17] можна стверджувати, що при використанні зернових сівалок з котушковими висіваючими апаратами розподіл насіння по площі розсівання при посіві описується законом Пуассона [17]:

$$P_m = \frac{\lambda^m}{m!} \cdot e^{-\lambda}, \quad (2.1)$$

де λ – середня кількість насінин на відрізьку;

m – довільне число насінин, вважається, що $0=1$;

e – основа натуральних логарифмів, $e = 2,718$.

Методика оцінки рівномірності розподілу насіння по площі розсівання полягає в наступному. Спочатку роблять вибірку квадратів з однаковим числом насіння або сходів ($W = 0, 1, 2, \dots, n$) і підраховують їх число n_w . Далі підраховують частоти квадратів за формулою:

$$\bar{P} = \frac{n_w}{n}, \quad (2.2)$$

де n_w – число насінин розташованих в квадратах по 0, 1, 2 та більше зерен;

n – загальна кількість квадратів, що підраховували (не менше 300 штук).

Знаходять середню густину $\bar{m}$ – середнє число насінин або сходів:

$$\bar{m} = \frac{N}{n}, \quad (2.3)$$

де N – загальне число насінин в квадратах.

Розраховують варіаційні показники: середньоквадратичне відхилення (σ), коефіцієнт варіації (v), основну похибку (ε) та показник точності (P).

При оцінці рівномірності розподілу насінин, необхідно знати, чи співпадають з оптимальними (розрахунковими), дослідні частоти пустих квадратів та квадратів з однією рослиною.

Для зручності зіставлення залежності вірогідностей частот P_0 та P_1 від норми висіву з урахуванням польової схожості R в межах від 70 до 100% представляються у вигляді номограм. Знаючи вихідну щільність висіву $\bar{m}$ в штуках на одну частоту P_n урахувуючи схожість R , визначаються за формулами [12]: п'яти сантиметровий квадрат та визначивши значення R , можна визначити оптимальні значення P_0 та P_1 .

Розрахункові значення:

$$\bar{m}' = \lambda' = R \cdot \bar{m}, \quad (2.4)$$

$$P'_0 = e^{-\lambda} = e^{-R\bar{m}}, \quad (2.5)$$

$$P'_1 = R \cdot P'_0, \quad (2.6)$$

$$P'_2 = P'_1 \frac{\lambda'}{2}, \quad (2.7)$$

$$P'_3 = P'_2 \frac{\lambda'}{3}, \quad (2.8)$$

$$P'_{n>3} = 1 - \sum_{n=0}^{n=3} P'_n, \quad (2.9)$$

Розрахункові (оптимальні) значення частот зіставляють з дослідними і роблять висновок про ступінь нерівномірності розподілу насіння по довжині рядка в залежності від типу висівного апарату. Повторність дослідів по кожному типу висівного апарату триразова, кількість облікових квадратів не менше 100. Досліди проводилися при нормі висіву 210 кг/га, швидкості переміщення сошника – 2,3 м/с і установці катушкового висівного апарату на висоті рівній 0,95 м.

2.5. Методика визначення фізико-механічних властивостей ґрунту

Вологість ґрунту оцінюється кількістю води, що міститься в одиниці ваги сухої речовини. Проби на вологість ґрунту брали в шарах 0-5 см, 5-10 см, 10-15 см і клали в алюмінієві бюкси. Упаковуються в поліетиленові мішечки і доставляються в лабораторію. Для визначення вологості ґрунту в умовах лабораторії використовували шафа сушильна ШС-80.

Принцип дії ШС-80 заснований на рівномірному висушуванні проби за допомогою підвищення температури всередині камери. Шафа являє собою сушильну камеру, яка захищена шаром теплоізоляції. Для завантаження

бюкси передбачені дверцята, які щільно закриваються поворотом ручки, під час проведення випробування. Робоча температура в сушильній шафі забезпечується нагрівальним елементом електричного типу. Підтримується температура на заданому рівні за допомогою терморегулятора.

Перед початком роботи необхідно відкрити двері шафи і завантажити бюкси з ґрунтом в камеру. Потім закрити двері. Для чого потрібно повернути ручку до упору за годинниковою стрілкою. Включити шафу вимикачем «мережу». Натискаємо кнопку «Р» на лицьовій панелі дверей. При цьому на цифровому табло висвітиться задана раніше температура в миготливому режимі. В крайньому правому розряді цифрового індикатора висвітиться точка, що свідчить про можливість коригування програми. Встановлюємо клавішами «▲ ▼» на цифрових індикаторах необхідну температуру в робочій камері.

Порядок проведення визначення вологості ґрунту полягає в наступному: сушильну шафу розігрівали до температури 105°C. Взяті зразки ґрунту висипали в бюкси і закривали кришками. Стаканчики вагові алюмінієві з кришками ВС-1. Відкривали дверку, встановлювали піднос з бюксами в спеціально відведені для цього місце, стежачи за тим, щоб всі вкладиші увійшли в поглиблення стола без ухилу. Закривали дверцята. Записували час початку підсушування. Сушили в шафі бюкси з ґрунтом. Після чого виймали з шафи, охолоджували і зважували з похибкою не більше 0,1 г. Дослідження тривають до тих пір, поки маса ґрунту не стане постійною, або різниця між зважуваннями не перевищуватиме 0,2 г.

Твердість ґрунту впливає на повітряний, водний і тепловий режими ґрунту, на тяговий опір сівалки, чинить механічний опір росту кореневої системи рослин, що ускладнює схожість насіння.

При визначенні твердості ґрунту використовується твердомір ґрунту Wile Soil (рисунок 2.3), для чого необхідно послабити гвинт захисного

затиску на щупі і опустити затиск на відстань як мінімум 2,5 см від пластикового корпусу.



Рисунок 2.3 – Загальний вигляд твердоміра ґрунту Wile Soil

У комплект твердоміра входять два наконечника. Наконечники вкручені в корпус твердоміра. Наконечник діаметром 1,27 см (маленький наконечник) використовується для твердого ґрунту; наконечник діаметром 1,91 см (великий наконечник) використовується для м'якого ґрунту.

Встановлювали відповідний наконечник на металевий щуп твердоміра. Розташовували твердомір наконечником вниз строго перпендикулярно поверхні ґрунту. Повільно вводили щуп твердоміра в землю, натискаючи на обидві ручки з однаковим зусиллям. На щуп твердоміра нанесені позначки глибини. Зафіксували показання твердоміра на необхідних глибинах.

Висновки

Загальна методика досліджень розроблена у відповідності з прийнятою програмою досліджень, підпорядкована вирішенню поставлених в роботі задач і базується на застосуванні математичного планування експерименту.

Теоретичні дослідження виконані з використанням принципів класичної механіки, математичного аналізу, моделювання та ін. Експериментальні методи використовувалися при проведенні лабораторних і лабораторно-польових досліджень з використанням теорії багатофакторного експерименту, математичної статистики.

Обробку експериментальних даних передбачено виконувати за допомогою методів математичної статистики і комп'ютерних програм.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Розрахунок основних параметрів висівного апарату

Схема висівного апарату з чотирьохсекційною катушкою, жолобки якої виконані у формі частини поверхні обертання тора представлена на рисунку 2.1.

Робочий об'єм V_C чотирьохсекційної катушки, жолобки якої виконані у формі частини тора, під яким розуміють обсяг насіння, що висівається нею за один оборот, складається з обсягу насіння $V_{Ж}$ в жолобках секційної катушки, обсягу насіння $V_{ак}$ активного шару і обсягу насіння V_T , що висівається частиною поверхні обертання тора.

Робочий об'єм чотирьохсекційної катушки можна знайти з умови:

$$V_c = V_{жс} + V_{ак} + V_T, \quad (3.1)$$

де V_C – робочий об'єм чотирьохсекційної катушки, мм³;

$V_{Ж}$ – об'єм насіння в жолобках чотирьохсекційної катушки, мм³;

$V_{ак}$ – об'єм насіння активного шару, мм³;

V_T – об'єм насіння, що висівається частиною поверхні обертання тора, мм³.

Об'єм $V_{Ж}$ – насіння в жолобках катушки визначається за формулою:

$$V_{жс} = z \cdot S \cdot L \cdot \xi, \quad (3.2)$$

де S – площа перерізу жолобка катушки, мм²;

z – число жолобків чотирьохсекційної катушки, шт. ($z = 48$);

L – довжина одного жолобка чотирьохсекційної катушки, мм;

ξ – коефіцієнт заповнення жолобків секційної катушки ($\xi = 0,8$).

Знайдемо обсяг насіння, що висівається частиною поверхні обертання тора, користуючись схемою представленої на рисунку 3.1.

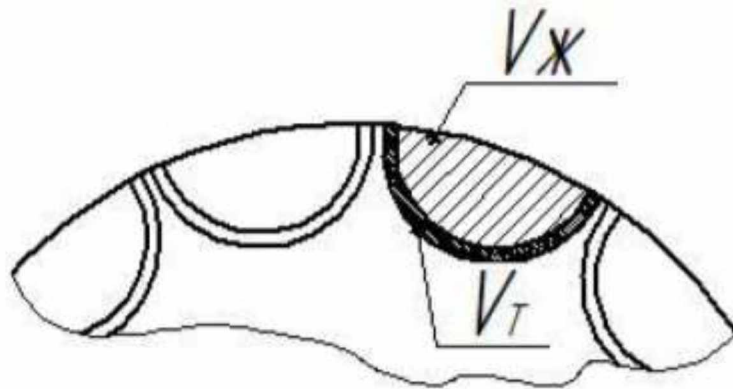


Рисунок 3.1 – Схема до визначення обсягу насіння в жолобках: $V_Ж$ - обсяг насіння в жолобках секційної котушки, V_T - обсяг насіння, що висівається частиною поверхні обертання тора

Згідно малюнку 3.1 знайдемо:

$$V_T = z \cdot S_{\text{сег}} \cdot L_T \cdot \xi, \quad (3.3)$$

де $S_{\text{сег}}$ - площа сегмента частини поверхні обертання тора вписаного в жолобок чотирьохсекційної котушки, мм^2 ;

L_T – довжина частини поверхні обертання тора, мм .

Знайдемо площу сегмента частини поверхні обертання тора:

$$S_{\text{сег}} = \frac{R^2}{2} \cdot \left(\pi \frac{\alpha}{180} - \sin \alpha \right), \quad (3.4)$$

де R – радіус твірної частини тора, мм ;

α – центральний кут між двома радіусами, що стягують хорду, град .

Підставляючи значення площі сегмента частини поверхні обертання тора в рівняння (3.3) знайдемо обсяг насіння, висіваючого частиною поверхні тора

$$V_T = z \cdot \frac{R^2}{2} \cdot \left(\pi \frac{\alpha}{180} - \sin \alpha \right) \cdot L_T \cdot \xi, \quad (3.5)$$

При умові, що $V_T = 81,1 \text{ мм}^3$, знайдемо радіус твірної частини тора.

$$R = \sqrt{\frac{2 \cdot V_T}{z \cdot \left(\pi \frac{\alpha}{180} - \sin \alpha\right) \cdot L_T \cdot \xi}} \quad (3.5)$$

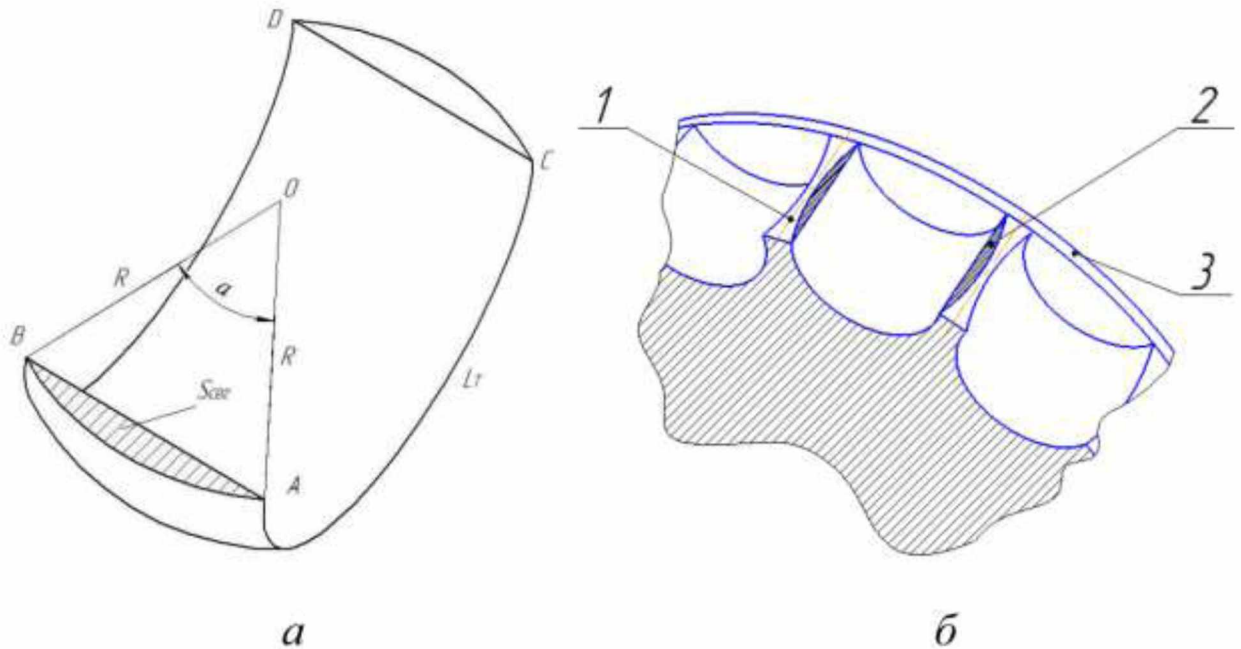


Рисунок 3.2 – Схема секції чотирьохсекційної котушки, жолобки якої виконані у формі частини тора:

а) схема частини поверхні обертання тора, б) секція чотирьохсекційної котушки з жолобками: 1 - ребро чотирьохсекційної котушки з жолобками; 2 - частина тора; 3 - розділовий диск

Чотирьохсекційна котушка, жолобки якої виконані у формі частини тора, обертається з кутовою швидкістю $\omega_{\text{кот}} \text{ хв}^{-1}$, отже, об'єм насіння, що проходять в активному шарі за один оберт котушки, буде дорівнює:

$$V_{\text{ак}} = C \cdot L_{\kappa} \cdot \omega_{\text{кот}} \cdot \frac{60}{n}, \quad (3.6)$$

де C – товщина активного шару, мм;

L_{κ} – довжина чотирьохсекційної котушки, жолобки якої виконані у формі частини поверхні обертання тора, мм; $60/n = t$ – час одного оберту чотирьохсекційної котушки.

Враховуючи, що $\omega_{кат} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60}$, з виразу (3.6) маємо:

$$V_{ок} = \pi \cdot d \cdot C \cdot L_k, \quad (3.7)$$

де d – діаметр чотирьохсекційної котушки, жолобки якої виконані у формі частини поверхні обертання тора, мм.

Після деяких перетворень рівнянь (3.5), (3.6) і (3.7), робочий об'єм чотирьохсекційної котушки, жолобки якої виконані у вигляді частини тора, дорівнює:

$$V_c = z \cdot S \cdot L \cdot \xi + \pi \cdot d \cdot C \cdot L_k + \frac{R^2}{2} \cdot \left(\pi \frac{\alpha}{180} - \sin \alpha \right) \cdot L_r \cdot z \cdot \xi \quad (3.8)$$

Вираз (3.8) визначає робочий об'єм чотирьохсекційної котушки. Підставляючи значення знайдемо, що робочий об'єм чотирьохсекційної котушки дорівнює 24864 мм³.

Робоча довжина чотирьохсекційної котушки, жолобки якої виконані у формі частини тора, прийнята рівною робочій довжині стандартної котушки. Для виключення сходження насіння з жолобків чотирьохсекційної котушки, в конструкцію, чотирьохсекційної котушки між секціями встановлені розділові диски. При цьому, щоб робочий об'єм секційної котушки відповідав розрахунковим значенням, необхідно визначити оптимальний розмір товщини розділових дисків.

Схема для визначення довжини одного жолобка чотирьохсекційної котушки, представлена на рисунку 3.3.

Загальна довжина стандартної котушки знаходиться як сума довжини жолобка і товщини розетки висівного апарату:

$$l_{обс} = l_{pc} + l_{роз}, \quad (3.9)$$

де $l_{обс}$ – загальна довжина стандартної котушки, мм ($l_{обс} = 38$ мм);

l_{pc} – довжина жолобка стандартної котушки, мм;

$l_{роз}$ – товщина розетки висівного апарату, мм ($l_{роз} = 2$ мм).

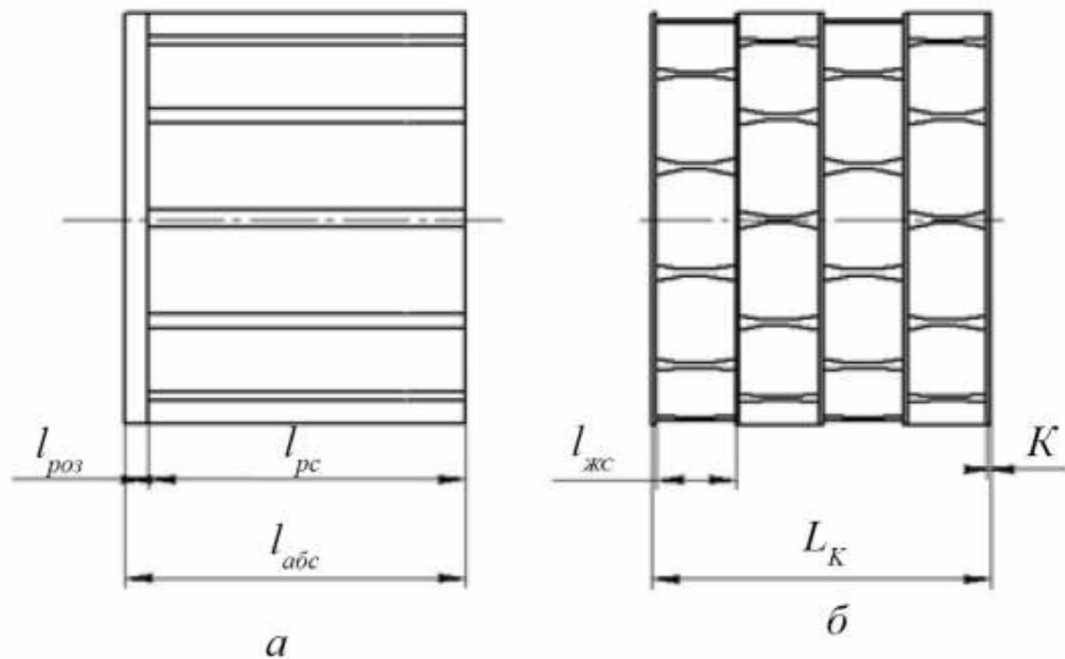


Рисунок 3.3 – Схема котушок для визначення довжини одного жолобка чотирьохсекційної котушки: *а)* стандартна котушка; *б)* чотирьохсекційна котушка, жолобки якої виконані у формі частини поверхні обертання тора

Загальна довжина чотирьохсекційної котушки, жолобки якої виконані у формі частини поверхні обертання тора, знаходиться як сума довжини жолобків і товщини розділових дисків:

$$L_K = z_c \cdot L + (z_d + 1) \cdot K, \quad (3.10)$$

де L_K – загальна довжина чотирьохсекційної котушки, жолобки якої виконані у формі частини поверхні обертання тора, мм;

L – довжина одного жолобка чотирьохсекційної котушки, жолобки якої виконані у формі частини поверхні обертання тора, мм;

K – товщина одного розділового диска, мм

z_c – кількість секцій котушки, ($z_c = 4$);

z_d – кількість розділових дисків, ($z_d = 5$).

При розрахунку, нами прийнято рівність довжини стандартної котушки і чотирьохсекційної котушки, жолобки якої виконані у формі частини тора рівні між собою, тому можна записати:

$$l_{рс} + l_{роз} = 4 \cdot L + 5 \cdot K. \quad (3.11)$$

Формулу можна записати у вигляді:

$$L = \frac{l_{pc} + l_{роз} - 5 \cdot K}{4} \quad (3.12)$$

Підставляючи значення товщини розетки стандартного посівного апарату в рівняння (3.12), знайдемо довжину жолобка однієї секції чотирьохсекційної катушки, яка дорівнюватиме $L = 9,37$ мм.

Приймемо насіння за матеріальну точку M , розмірами якого можна знехтувати. Для спрощення розрахунків приймаємо робочу поверхню клапана висівного апарату циліндричної форми з центром радіуса кривизни R в центрі обертання катушки (рисунок 3.4). Знайдемо початкову швидкість v_0 точки M , спрямовану по дотичній до робочої поверхні клапана циліндричної форми, яку необхідно передати точці M , щоб вона досягла верхньої точки клапана B .

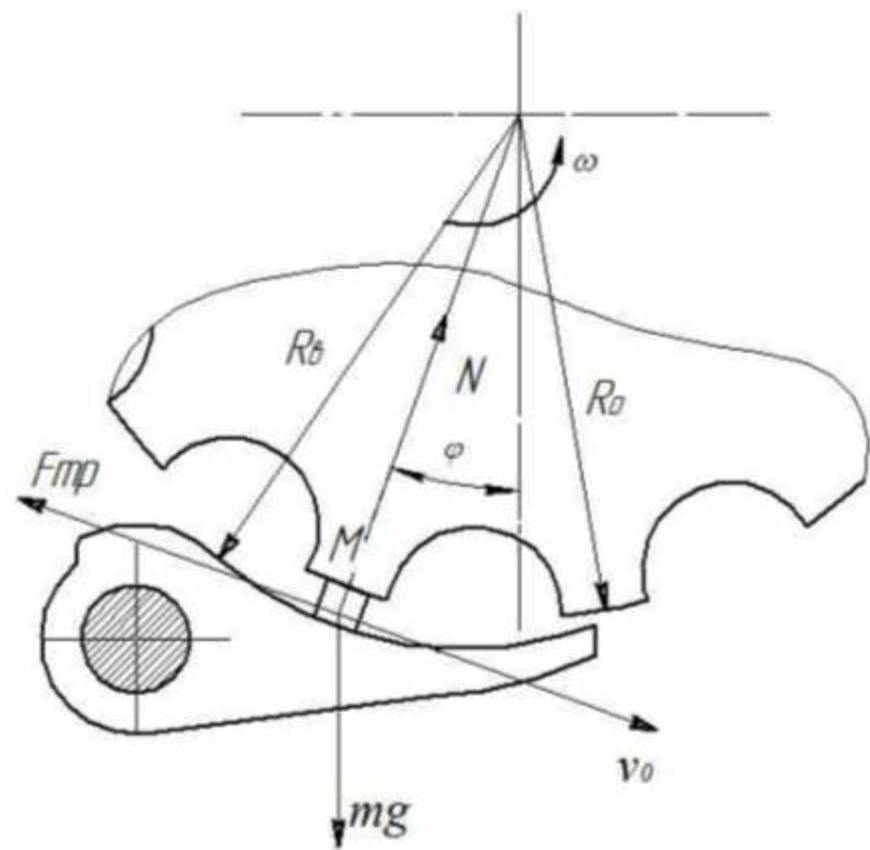


Рисунок 3.4 – Схема для визначення початкової швидкості насіння на клапані

Рівняння руху точки M можна записати у вигляді [19]:

$$m \cdot R\vartheta \cdot \ddot{\varphi} = -m \cdot g \cdot \sin \varphi - f \cdot N, \quad (3.13)$$

$$m \cdot R\vartheta \cdot \dot{\varphi}^2 = -m \cdot g \cdot \cos \varphi + N, \quad (3.14)$$

де m – маса насіння, кг;

$R\vartheta$ – радіус кривизни робочої поверхні клапана, мм;

φ – кут повороту точки M відносно осі котушки, град;

f – коефіцієнт тертя насіння об поверхню клапана;

N – реакція насіння від поверхні клапана, Н.

Виключаючи N з виразу 3.13, отримаємо:

$$\ddot{\varphi} = -f \cdot \dot{\varphi}^2 - \frac{g}{R\vartheta} (\sin \varphi + f \cdot \cos \varphi). \quad (3.15)$$

Позначаючи $u = \dot{\varphi}^2$ та переходячи до незалежної змінної φ , одержимо:

$$u'_{\varphi} + 2 \cdot f \cdot u = -\frac{2g}{R\vartheta} (\sin \varphi + f \cdot \cos \varphi) \quad (3.16)$$

Початкова умова: $u(\varphi = 0) = \dot{\varphi}^2(0) = \frac{v_0^2}{R\vartheta^2}$, при цьому рішення

отриманого рівняння набуде вигляду:

$$u = \dot{\varphi}^2 = \left(\frac{v_0^2}{R\vartheta^2} - B \right) \exp \{ -2 \cdot f \cdot \varphi \} + A \sin \varphi + B \cos \varphi \quad (3.17)$$

де

$$A = -\frac{6 \cdot g \cdot f}{R\vartheta(1 + 4f^2)}, \quad (3.18)$$

$$B = -\frac{2 \cdot g \cdot (2f^2 - 1)}{R\vartheta(1 + 4f^2)}. \quad (3.19)$$

З урахуванням рівняння 3.17, після деяких перетворень виразів 3.13 і 3.14 одержимо нормальну реакцію N :

$$\frac{1}{m} N = g \cdot \cos \varphi + \left(\frac{v_0^2}{R\epsilon} - B \cdot R\epsilon \right) \exp \{ -2 \cdot f \cdot \varphi \} + A \cdot R\epsilon \cdot \sin \varphi + B \cdot R\epsilon \cos \varphi \quad (3.20)$$

Для того щоб точка M могла досягти точки B , необхідно і достатньо дотримання трьох умов:

$$N(\varphi = \pi) \geq 0, \quad (3.21)$$

$$N(\varphi) \geq 0, \quad \varphi \in [0, \pi), \quad (3.22)$$

$$\dot{\varphi}^2 \geq 0, \quad \varphi \in [0, \pi). \quad (3.23)$$

З умови (3.21) одержимо:

$$v_0^2 \geq B \cdot R\epsilon^2 + \exp \{ 2 f \pi \} (g \cdot R\epsilon + B \cdot R\epsilon^2) = \frac{gR\epsilon}{1 + 4 f^2} [2(1 - 2 f^2) + 3 \exp \{ 2 f \pi \}] \quad (3.24)$$

Таким чином, доказали справедливість умови (3.21) та похідної від неї нерівності:

$$v_0 \geq \sqrt{\frac{gR\epsilon}{1 + 4 f^2} [2(1 - 2 f^2) + 3 \exp \{ 2 \cdot f \cdot \pi \}]} . \quad (3.25)$$

Знайдемо колову швидкість руху чотирьохсекційної котушки висівного апарату, жолобки якої виконані у вигляді частини поверхні обертання тора.

$$\omega \geq \frac{\sqrt{\frac{gR\epsilon}{1 + 4 f^2} [2(1 - 2 f^2) + 3 \exp \{ 2 \cdot f \cdot \pi \}]} }{R_0}, \quad (3.26)$$

де R_0 – радіус чотирьохсекційної котушки, жолобки якої виконані у вигляді частини тора, мм ($R_0 = 51$ мм).

Знайдемо частоту обертання котушки висівного апарату.

$$n \geq \frac{\sqrt{\frac{gR_6}{1+4f^2} [2(1-2f^2) + 3 \exp\{2 \cdot f \cdot \pi\}] \cdot 30}}{\pi \cdot Ro} . \quad (3.27)$$

При використанні пропонованого висівного апарату з розрахунковими конструктивними параметрами покращиться нерівномірність розподілу насіння по довжині рядка, за рахунок кращого формування потоку насіння і висіву насіння з посівного апарату, а також зниження пульсації потоку насіння. Все це призведе до підвищення врожайності культури і зниження витрат на її виробництво.

Значення параметрів котушкового висівного апарату, жолобки чотирьохсекційної котушки якого, виконані у формі частини, отримані теоретичним шляхом, представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Значення параметрів котушкового висівного апарату з чотирьохсекційною котушкою, жолобки якої виконані у формі частини тора, отриманих теоретичним шляхом

№ з/п	Назва параметру	Позначення	Величина параметру
1	Радіус твірної частини тора	R , мм	12,48
2	Довжина жолобка однієї секції чотирьохсекційної котушки	L , мм	12,48
3	Частота обертання чотирьохсекційної котушки	n , хв ⁻¹	29,82

3.2. Результати щодо вибору оптимальної конструкції висівного апарату

Для визначення оптимальної конструкції висівного апарату провели експерименти з досліджуваними висіваючими котушками зі стандартним клапаном [20].

Метою проведення досліджень було визначення оптимальної конструкції висівного апарату, що забезпечує максимально можливу рівномірність розподілу насіння зернових культур по довжині рядка. При проведенні дослідів були обрані 4 типу котушки. Для зручності зіставлення дослідних і оптимальних (розрахункових) значень, коефіцієнти варіації (v), частоти появи квадратів без насіння (P_0) і частоти появи квадратів з числом насіння рівним 1 (P_1) наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати досліджень щодо вибору оптимальної конструкції висівного апарату

Показники	Тип висіваючих котушок зі стандартним клапаном				Оптимальне значення, при $m = 3$
	1	2	3	4	
Частота квадратів з числом насінин 0, %	2,4	4,2	0	0	не більше 25%
Частота квадратів з числом насінин 3, %	22,6	23,8	31,8	26,8	не менше 25%
Частота квадратів з числом насінин 4, %	42,7	33,6	37,3	37,3	не менше 35%
Середнє число насінин, шт.	3,55	3,45	3,7	3,5	
Коефіцієнт варіації, %	36,3	41,4	26,5	35	

Дані, наведені в таблиці 3.2 показують, що найкращі показники має висіваючий апарат, оснащений чотирьохсекційною котушкою, жолобки якої, виконані у формі частини тора (тип 3). Коефіцієнт варіації даної котушки склав 26,5%, при цьому не було відзначено появи порожніх ділянок, число ділянок з трьома насінинами склало – 31,8%, а з чотирма насінинами – 37,3%. Крім того, сумарна частота ділянок з числом насіння три і чотири дорівнює 71% знаходяться в інтервалі середнього арифметичного значення $m = 3,7$ відповідного нормі висіву 210 кг/га. Таким чином, для подальших досліджень доцільно застосовувати котушку типу 3.

Дані проведених експериментів, які піддалися обробці, представлені у вигляді імовірнісних кривих розподілу насіння по довжині рядка всіх типів

котушок зі стандартним клапаном представлені на рисунку 3.5. По осі абсцис вказано кількість насіння в облікових ділянках 2,5 см, а по осі ординат – частоти їх появи, у відсотках.

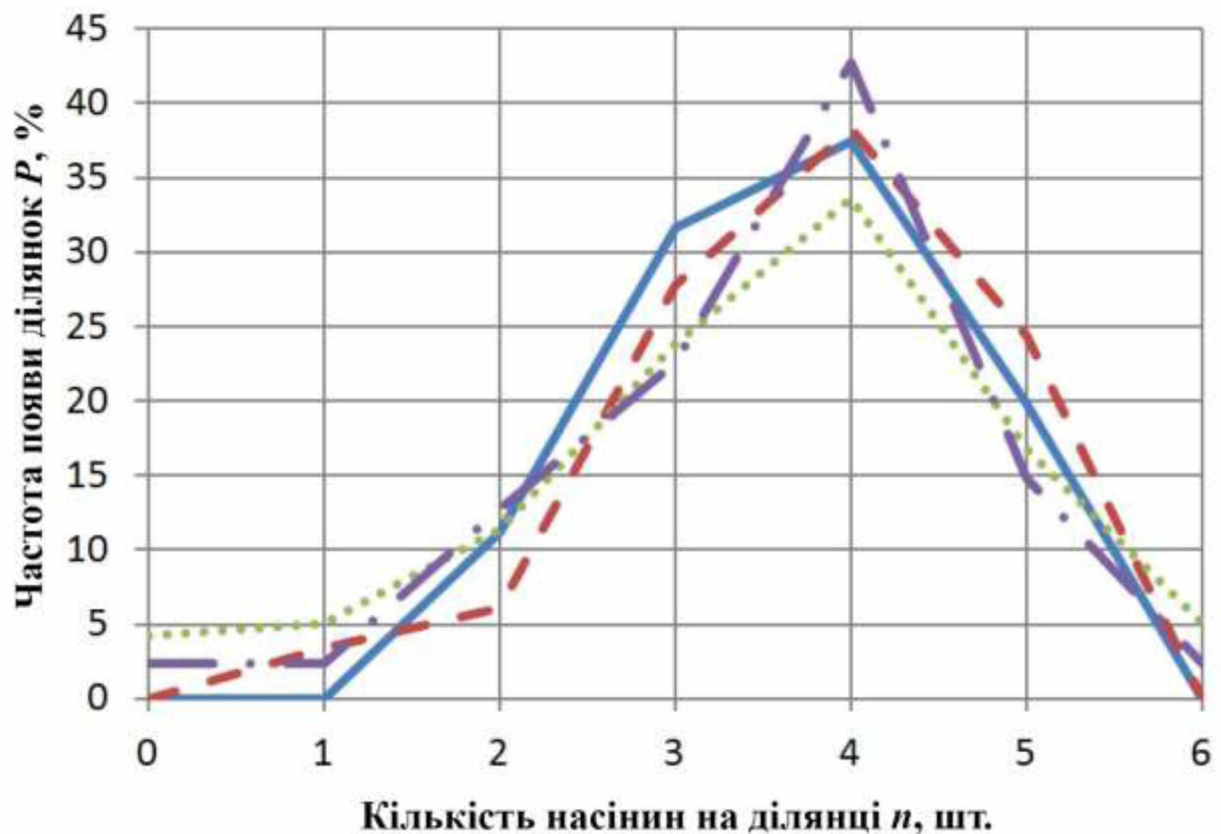


Рисунок 3.5 – Розподіл насіння по довжині рядка в залежності від виду висівних котушок зі стандартним клапаном: 1 – котушка з кутом нахилу жолобків 25° (— · —); 2 – стандартна котушка (.....); 3 – чотирьохсекційна котушка жолобки якої, виконані у формі частини поверхні обертання тора (—); 4 – секційна котушка з жолобками зсунутими на $\frac{1}{2}$ (- -)

3.3. Результати проведення досліджень катушкового висівного апарату

При проведенні теоретичних і лабораторних досліджень створити натуральні умови практично неможливо. Тому використовувалася наближена технологічна схема роботи експериментального висівного апарату з чотирьохсекційною катушкою, жолобки якої виконані у формі частини тора.

Дослідження проводилися з використанням сівалки СЗ-5,4-06 з експериментальними котушковими висівальними апаратами з чотирьохсекційними катушками, жолобки яких виконані у формі частини тора.

Сівалка має можливість одночасного внесення гранульованих мінеральних добрив в засівальні рядки. Сівалка (рисунок 3.6) складається з котушкових висівних апаратів жолобки чотирьохсекційних катушок яких виконані у формі частини тора 9, насіннепровідів 6 і сошників 1. На рамі сівалки закріплений бункер 2. Він розділений перегородкою на два відсіки. Передній призначений для насіння, а задній – для добрив.



Рисунок 3.6 – Загальний вигляд катушкового висівного апарату з чотирьохсекційною катушкою, жолобки якої виконані у формі частини тора

Згідно з методикою проведення експериментальних досліджень на глибині 0...5 см, 5...10 см, 10...15 см визначали вологість ґрунту, її твердість під час посіву. У таблиці 3.3 наведені дані вимірів.

Таблиця 3.3 – Твердість і вологість за рівнями ґрунту обраної ділянки

Рівні ґрунту	Вологість, %					Твердість, МПа				
	Повторюваність					Повторюваність				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
0...5 см	14,6	15,7	15,2	15,1	14,8	0,18	0,19	0,21	0,19	0,20
5...10 см	21,9	22,3	21,1	21,6	22,1	0,43	0,54	0,49	0,46	0,49
10...15 см	24,4	25,2	25,6	25,2	24,8	0,86	0,94	1,08	0,89	0,95
Середня значення	20,6					0,54				

В результаті аналізу досліджень з визначення вологості і твердості ґрунту поля визначили, що середнє значення твердості ґрунту становить 0,54 МПа, а середнє значення вологості ґрунту – 20,6%. Дані значення необхідні для визначення умов зростання і розвитку рослин (водний, повітряний і тепловий режими ґрунту, механічний опір ґрунту розвитку кореневої системи рослин).

Для вивчення впливу швидкості посівного агрегату на нерівномірність розподілу насіння по довжині рядка, зернових культур при посіві швидкість агрегату змінювали в інтервалі 7,8...9,7 км/год.

При дослідженні впливу швидкості руху агрегату на нерівномірність розподілу насіння зернових культур по довжині рядка від довжини одного жолобка чотирьохсекційної катушки L , радіусу твірної частини тора R і частоти обертання катушки n залишалися незмінними, рівними оптимальним значенням: 9 мм, 12,5 мм і 30 об/хв відповідно.

Кореляційний зв'язок між показниками нерівномірності розподілу насіння зернових культур по довжині рядка (v , %) та швидкістю руху агрегату (u , км/год.) виражається залежністю:

$$v(u) = 38,35 - 3,26u + 0,17u^2, \quad (3.28)$$

при індексі кореляції $R = 0,99$.

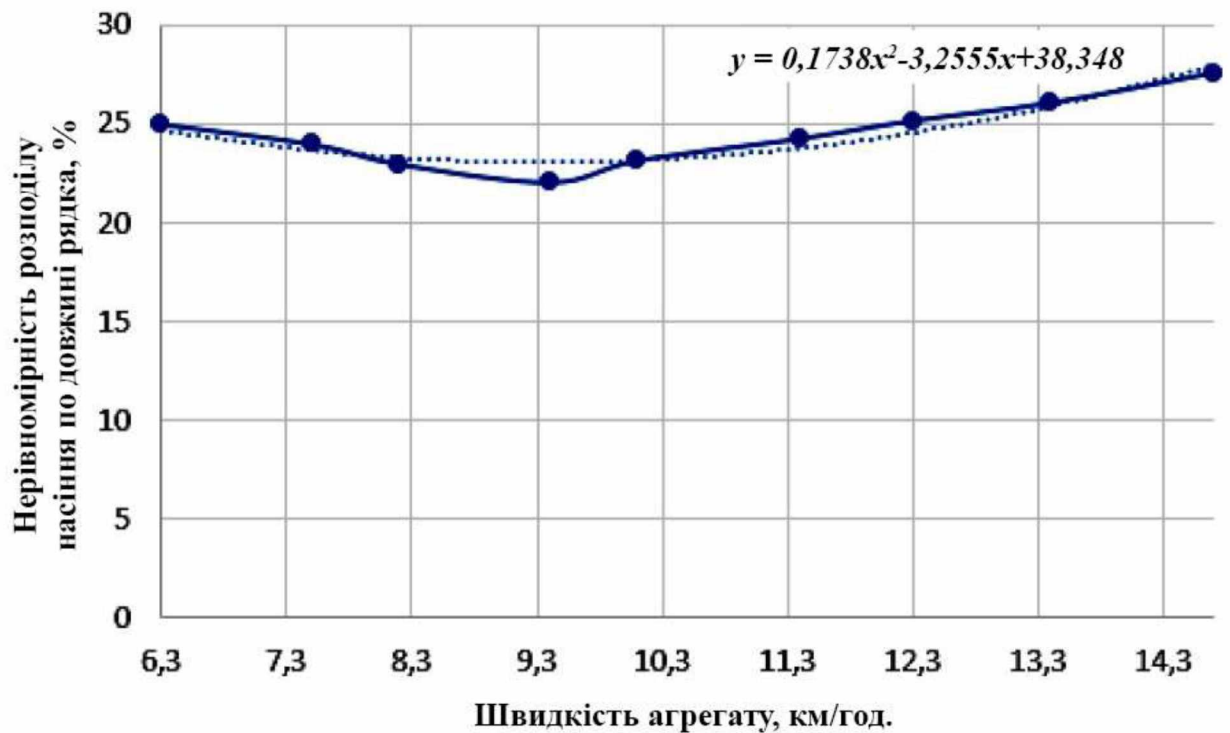


Рисунок 3.7 – Графіки залежності нерівномірності розподілу насіння (v) зернових культур по довжині рядка від швидкості руху агрегату (u)

Аналізуючи отримані результати зображені у вигляді залежності, можна зробити висновок про доцільність застосування зернової сівалки з досліджуваними котушковими висіваючими апаратами жолобки чотирьохсекційної катушки яких виконані у формі частини поверхні обертання тора для посіву насіння зернових культур в діапазоні 7,8...9,7 км/год., так як швидкість в цьому інтервалі істотно не впливає на нерівномірність розподілу насіння зернових культур по довжині рядка.

При визначенні нестійкості загальної норми висіву насіння зернових культур експериментальним котушковим висіваючим апаратом, жолобки чотирьохсекційної катушки якого, виконані у формі частини тора отримані результати зображені у вигляді залежностей (рисунок 3.8) нестійкості загальної норми висіву від швидкості руху агрегату з експериментальною сівалкою, оснащеної котушковими висіваючими апаратами, жолобки чотирьохсекційних катушок якого, виконані у формі частини тора і серійною сівалкою.

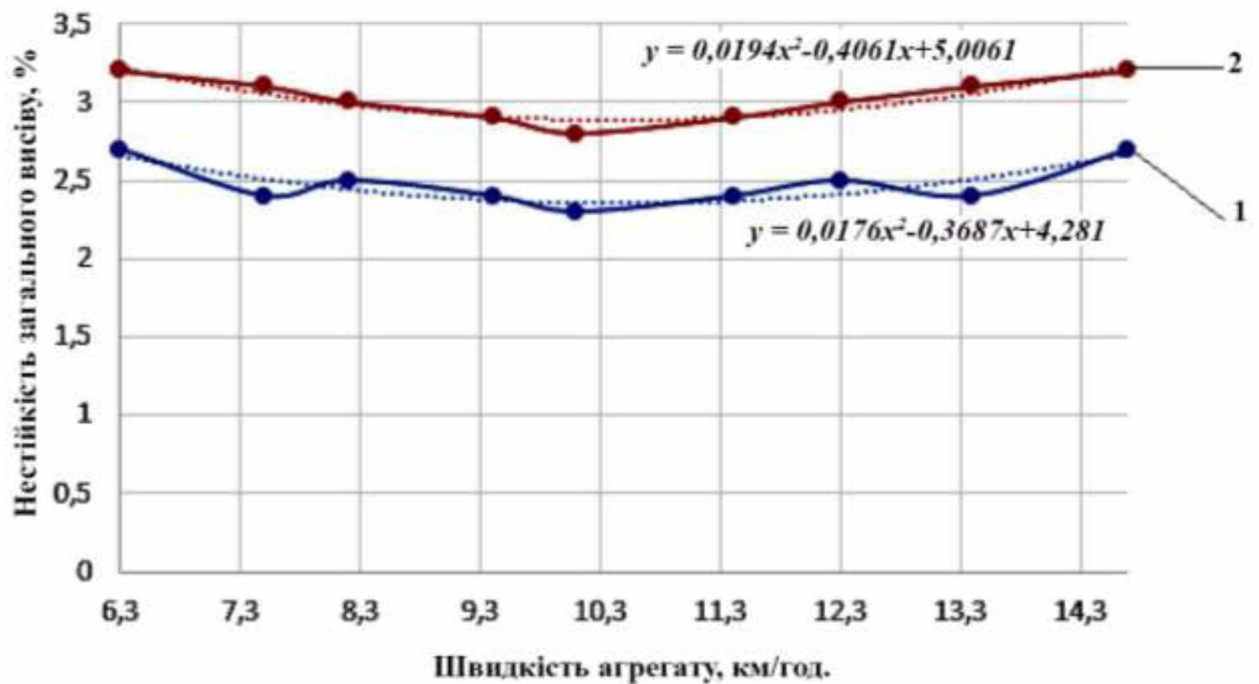


Рисунок 3.8 – Графіки залежності нестійкості загальної норми висіву від швидкості агрегату; 1 – експериментальна сівалка, 2 - серійна сівалка

Можна зробити висновок про доцільність застосування зернової сівалки з досліджуваними катушковими висіваючими апаратами жолобки чотирьохсекційної катушки, яких виконані у формі частини поверхні обертання тора для посіву насіння зернових культур в діапазоні 7,8...9,7 км/год, так як швидкість в цьому інтервалі істотно не впливає на нестійкість загальної норми висіву, яка становить 2,4% що не перевищує допустиме значення 2,8%.

При визначенні дроблення насіння зернових культур експериментальним катушковим висіваючим апаратом з чотирьохсекційною катушкою, жолобки якої виконані у формі частини тора отримані результати зображені у вигляді залежностей (рисунок 3.9) дроблення насіння від швидкості руху агрегату з експериментальної сівалкою, оснащеної катушковими висіваючими апаратами з чотирьохсекційними катушками, жолобки яких виконані у формі частини тора і серійною сівалкою.

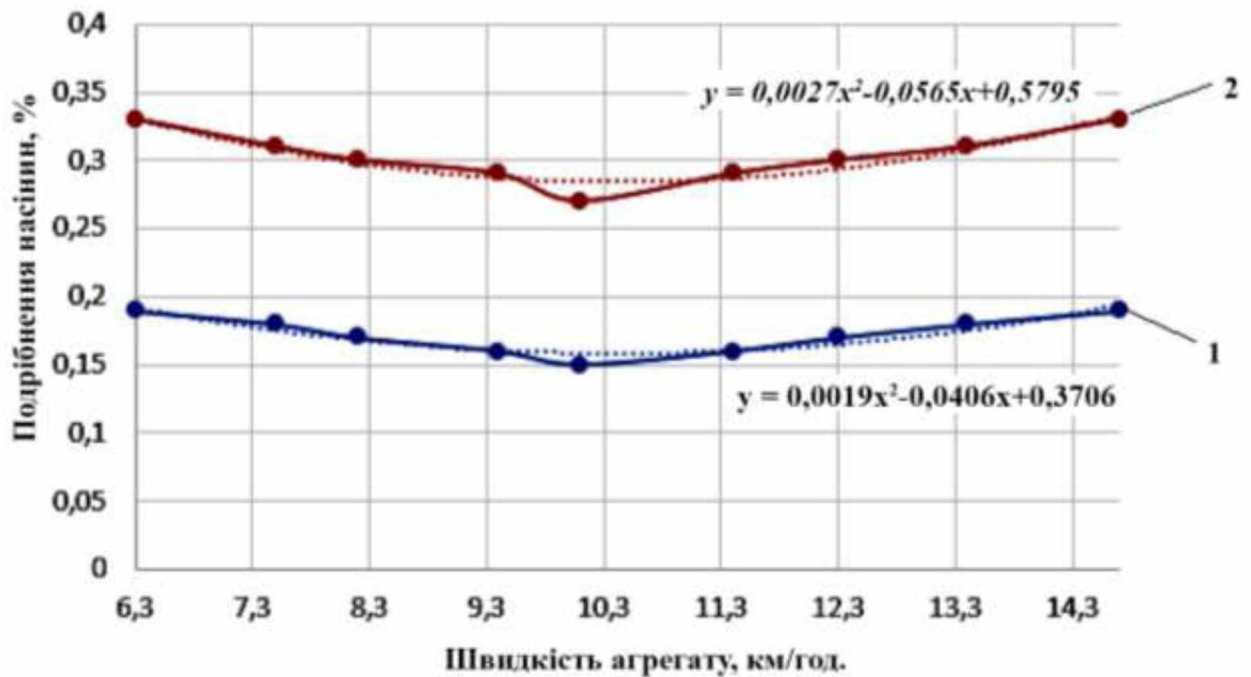


Рисунок 3.9 – Графіки залежності дроблення насіння зернових культур від швидкості агрегату; 1 - експериментальна сівалка, 2 - серійна сівалка

Можна зробити висновок про доцільність застосування зернової сівалки з досліджуваними катушковими висівальними апаратами жолобки чотирьохсекційної катушки, яких виконані у формі частини тора для посіву насіння зернових культур в діапазоні 7,8...9,7 км/год, так як швидкість в цьому інтервалі суттєвого не надає впливу на дроблення насіння, яка становить 0,15% що не перевищує допустиме значення 0,3%.

Висновки

За результатами досліджень, можна зробити наступні висновки:

1. Одним із шляхів підвищення рівномірності розподілу насіння зернових культур по площі розсівання, є застосування посівного апарату, жолобки чотирьохсекційної катушки якого виконані у формі частини тора.
2. В результаті виконаних теоретичних досліджень технологічного процесу висіву насіння зернових культур експериментальним висівальним

апаратом з чотирьохсекційною котушкою, жолобки якої виконані у формі частини тора отримані вирази для визначення робочого об'єму котушки висівного апарату жолобки чотирьохсекційної котушки якого, виконані у формі частини тора ($V_C = 24864 \text{ мм}^3$); радіусу твірної частини тора ($R = 12,48 \text{ мм}$); частоти обертання чотирьохсекційної котушки ($n = 29,82 \text{ хв}^{-1}$), довжини жолобка однієї секції чотирьохсекційної котушки ($L = 9,37 \text{ мм}$).

3. Оптимальним значенням швидкості агрегату V можна вважати інтервал значень від 7,8 до 9,7 км/год. Оптимальним значенням довжини жолобка однієї секції чотирьохсекційної котушки висівного апарату з чотирьохсекційною котушкою, жолобки якої виконані у формі частини тора згідно з даними досліджень можна вважати інтервал значень від 8,8 до 9,2 мм. Оптимальним значенням радіусу твірної частини тора висівного апарату з чотирьохсекційною котушкою, жолобки якої виконані у формі частини тора можна вважати інтервал значень 12,38...12,60 мм. Оптимальним значенням частоти обертання котушки висівного апарату з чотирьохсекційною котушкою, жолобки якої виконані у формі частини тора можна вважати інтервал значень 29...31 об/хв. При даних параметрах висівного апарату з чотирьохсекційною котушкою, жолобки якої виконані у формі частини тора забезпечується необхідна нерівномірність розподілу насіння по довжині рядка (21...23%) при сівбі.

РОЗДІЛ 4

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБОК

4.1. Екологічна експертиза розробок

Екологічна паспортизація ремонтно-обслуговуючих підприємств є одним з ефективних перспективних засобів охорони навколишнього природного середовища. Екологічний паспорт підприємства належить до його основної проектно-технічної документації. Поряд з технологічним регламентом він повинний бути на кожному підприємстві. У цьому документі наведені дані, що характеризують взаємовідносини підприємства з довкіллям.

У першій частині паспорта наводяться загальні відомості про виробництво: назва підприємства та продукції, що виробляється, район розташування, його потужність, займана площа, кількість працюючих та основні витратні величини споживаної сировини, води, енергії, палива, пари, повітря тощо, а також відомості про споживану сировину, джерела водо- і теплопостачання, короткий опис технологічних схем виробництва основної продукції, технології очищення газо- димових викидів в атмосферне повітря та стічних вод, оборотність, зберігання, транспортування та вилучення твердих відходів (назва, кількість, хімічний склад та деякі основні властивості, технологія відновлення або виготовлення), утримання приміщень і споруд, плани дій в аварійних умовах, небезпечні матеріали, відомості про кращі альтернативні технології, що застосовуються на інших підприємствах країни чи світової практики і завдають меншої шкоди довкіллю.

Характеризується також санітарно-захисна зона підприємства (площа зони, прилеглі об'єкти, її оформлення).

У другій частині паспорта відображені заплановані природоохоронні

заходи із зазначенням конкретних термінів, виконавців, обсягів і витрат, питомих і загальних газо-димових викидів в атмосферне повітря і скидів стічних вод та відходів виробництва до і після впровадження кожного заходу.

Екологічні паспорти дають змогу зробити аналіз екологічного середовища в регіоні, порівняти техніко- і еколого-економічні дані з даними інших підприємств, що характеризуються природоохоронними заходами.

Одночасно можна оцінити й ефективність застосованої технології, повноту використання матеріалів й палива, ефективність технології очищення стічних вод і газо-димових викидів.

Можна також зробити еколого-економічну оцінку збитків взагалі і завданих природі зокрема, ефективність використання палива та енергії.

Оскільки об'єкти підприємства є джерелами забруднення атмосфери і навколишнього середовища, то проводять аналіз забезпеченості технічними засобами контролю за станом навколишнього середовища, викидами забруднюючих речовин в атмосферу і дають оцінку виконання екологічних заходів, приводять дані про використання і охорону земельних і водних ресурсів, описують методи контролю за шкідливими викидами, заходи щодо їх зменшення.

Екологічні порушення (злочини) караються відповідно до вимог Кримінального кодексу України. Вимоги закону передбачають встановлення чіткого причинного зв'язку між зробленим порушенням і погіршенням навколишнього середовища.

До екологічних злочинів відносять: забруднення навколишнього природного середовища (води, повітря, ґрунту); порушення правил обороту небезпечних матеріалів і відходів.

Забруднення, виснаження поверхневих чи підземних вод, джерел питної води або зміна її природних властивостей можуть завдати шкоди сільському господарству. Оцінка завданого збитку здійснюється з урахуванням реальної вартості затрат на відновлювальні роботи та ліквідацію наслідків.

Порушення правил викиду забруднювальних речовин в атмосферу, експлуатації очисних споруд чи інших об'єктів спричиняють забруднення або зміну природних властивостей повітря, що може завдати істотної шкоди здоров'ю людини.

Шкідливий плив на ґрунти чинить забруднення їх відходами господарської діяльності, що може бути небезпечним для здоров'я людей, забруднювати сільськогосподарську продукцію і водойми.

Порушення правил охорони навколишнього середовища полягає у використанні непередбачених правилами методик, відмови від виконання відповідних робіт або в бездіяльності при необхідних обов'язках. Це може бути, зокрема, ігнорування інформації, відмова від проведення екологічної експертизи та будівництва очисних споруд, порушення правил будівництва, експлуатації і ліквідації побудованих споруд тощо.

4.2. Охорона праці

Охорона праці в нашій країні охоплює заходи по подальшому полегшенні умов праці на основі механізації важких і шкідливих виробничих процесів, широкому впровадженню сучасних засобів охорони праці, усуненню причин, що породжують травматизм і професійні захворювання робітників. Вона тісно пов'язана з умовами праці.

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

Кожна людина і, безперечно, людина з вищою освітою повинна усвідомлювати важливість питань уникнення ризиків у житті та праці.

Україна в освітньому плані приєдналася до Європейської програми навчання з ризиків FORM-OSE. Безпека життя та праці сьогодні формується як наука, без якої людство приречене на значні втрати.

Умови праці – це складне об’єктивне суспільне явище, що формується в процесі трудової діяльності під впливом взаємопов’язаних факторів соціально-економічного характеру, які впливають на здоров’я, працездатність людини, на її відношення до праці та ступінь задоволення від неї, на ефективність праці та інші економічні результати виробництва. Вони характеризуються оціночними показниками мікроклімату, наявністю в робочій зоні шкідливих та небезпечних виробничих факторів, психофізичним та естетичними елементами діяльності працівників господарства.

Охорона життя та здоров’я громадян у процесі їх трудової діяльності, створення безпечних та нешкідливих умов праці є одним з найважливіших державних завдань. Успішне вирішення цього завдання значною мірою залежить від належної підготовки фахівців усіх освітньо-кваліфікаційних рівнів з питань охорони праці.

З часу виникнення людської цивілізації кожна людина дбала про власну безпеку та безпеку своїх близьких так само, як і людству доводилось дбати про безпеку свого існування. Людська цивілізація досягає все більшої могутності, а проблема безпеки її існування стає все більш гострою. Актуальність проблеми охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях в світі значно зросла на початку третього тисячоліття. Сьогодні ця проблема стала пріоритетною для світової цивілізації.

У розділі охорони праці магістерської роботи представлений аналіз загальних питань охорони праці, розглянуто основні шкідливі фактори, що виникають в під час технологічного процесу та їх вплив на організм людини, запропоновано заходи для забезпечення нормальних умов праці:

- 1) для забезпечення безпеки обладнання запропоновані захисні і огорожувальні пристрої;

- 2) для виключення ураження електричним струмом необхідно застосування заземлюючих пристроїв;
- 3) для захисту від небезпечних хімічних речовин – використання спеціального захисного одягу;
- 4) для зменшення запиленості – використання вентиляції, для зменшення шуму і вібрацій – звукоізолюючі засоби;

4.3. Техніко-економічне обґрунтування розробки

Підвищення врожайності оброблюваної культури і продуктивності агрегату є основними показниками, що характеризують режими роботи сівалки з експериментальними котушковими висіваючими апаратами, жолобки чотирьохсекційних катушок яких, виконані у формі частини тора.

Річний економічний ефект від застосування експериментальної сівалки СЗ-5,4-06М визначається за рахунок отримання прибутку, отриманого від реалізації врожаю насіння ярого ячменю сорту «Полтавський», за мінусом додаткових капітальних вкладень на виготовлення експериментальних катушкових висівних апаратів з чотирьохсекційними катушками, жолобки якої виконані в формі частини тора.

Загальна сума прямих витрат знаходиться з виразу:

$$П_з = З_{ОП} + З_А + З_{ТО} + З_{ЕЛ} + З_{Інші}, \quad (4.1)$$

де $З_{ОП}$ – витрати на роботу, враховуючи відрахування на соціальні потреби, грн.;

$З_А$ – амортизаційні витрати, грн.;

$З_{ТО}$ – витрати на ТР та ТО, грн.;

$З_{ЕЛ}$ – затрати на електроенергію, грн.;

$З_{інші}$ – інші витрати, грн.

$$Z_{OP} = Z_{\Pi} + Z_{TO}, \quad (4.2)$$

де Z_{Π} – затрати на оплату праці робітників, грн.

$$Z_{\Pi} = C_{TAP} + K_{Дод}, \quad (4.3)$$

де C_{TAP} – затрати на оплату 1 години роботи по тарифній сітці, грн.;

$K_{Дод}$ – додаткові грошові кошти, грн.

Грошові кошти на єдиний соціальний податок і фонд страхування від нещасних випадків на виробництві визначається:

$$Z_{OT} = Z_{\Pi} + K_{Відрах} / 100, \quad (4.4)$$

де $K_{Відрах}$ – гроші кошти на єдиний соціальний внесок та фонд страхування від нещасних випадків на виробництві [27].

Наробіток сівалки СЗ-5,4-06 за час експлуатаційного періоду знаходиться за виразом:

$$W = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p, \quad (4.5)$$

де B_p – робоча ширина сівалки СЗ-5,4-06, $B_p = 5,4$ м;

V_p – робоча швидкість сівалки СЗ-5,4-06, $V_p = 9$ км/год.

Наробіток сівалки за час зміни:

$$W_{зм} = W \cdot K_{зм}, \quad (4.6)$$

де $K_{зм}$ – множник, що враховує час зміни, $K_{зм} = 0,7$.

Техніко-економічні показники базової і експериментальної сівалок оснащеної катушковими висівуючими апаратами з чотирьохсекційними катушками, жолобки яких виконані у формі частини тора представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Техніко-економічні показники базової та експериментальної сівалок оснащеної котушковими висіваючими апаратами з чотирьохсекційними котушками, жолобки яких виконані у формі частини тора

Показники	Чисельні значення	
	Базова сівалка	Сівалка з експериментальними котушковими висіваючими апаратами
Агрегатування	MT3-82	MT3-82
Обслуговуючий персонал, люд.	1	1
Кількість використаного часу зміни	0,75	0,80
Середньорічне завантаження, год.	120	120
Наробіток:		
За 1 год. часу зміни, га/год.	4,5	4,5
Відрахування на амортизацію, %	11	11
Відрахування на ремонт та ТО, %	11,7	11,7

Таблиця 4.2 – Основні результати експлуатаційних витрат

Показник	Серійна сівалка	Експериментальна сівалка
Фонд оплати праці, грн./га	49,98	48,86
Амортизаційні затрати, грн./га	218,55	231,42
Затрати на ТР та ТО, грн./га	197,97	193,46
Затрати на ПММ, грн./га	146,33	147,21
Сума затрат, грн./га	612	621

Річна економія від впровадження сівалки СЗ-5,4-06 з експериментальними котушковими висіваючими апаратами знаходиться за формулою:

$$E_P = (Z_{експл(Б)} - Z_{експл(Е)}) \cdot V_P, \quad (4.7)$$

де $Z_{\text{експл(Б)}}$, $Z_{\text{експл(Е)}}$ – експлуатаційні затрати на одиницю продукції із застосуванням базової сівалки та експериментальної сівалки обладнаної котушковими висіваючими апаратами з чотирьохсекційними катушками, жолобки яких виконані у формі частини тора, грн./га;

V_P – обсяг застосування результатів науково-дослідної розробки в розрахунковому році, га.

Строк окупності додаткових капіталовкладень знаходиться:

$$T_{\text{ок}} = \Delta K / E_P, \quad (4.8)$$

де ΔK – додаткові капіталовкладення, грн.;

E_P – річна економія, грн.

Результати розрахунку економічної ефективності використання сівалки СЗ-5,4-06 з експериментальними котушковими висіваючими апаратами з чотирьохсекційними катушками, жолобки яких виконані у формі частини тора, наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Результати розрахунку економічної ефективності впровадження сівалки СЗ-5,4-06М з експериментальними котушковими висіваючими апаратами

Показники	Сівалка з експериментальними висіваючими апаратами	Базова сівалка
Балансова вартість сівалки, грн.	380313,1	355900
Урожайність насіння, т/га	26,6	23,5
Додаткові капіталовкладення, грн.	15413,1	—
Питомі експлуатаційні витрати, грн./га	908,08	877,83
Річна економія, грн./га	500,07	—
Річний економічний ефект, грн.	244192	—
Строк окупності додаткових капіталовкладень, роки	1,51	—

Аналіз таблиці 4.3 показав, що прямі експлуатаційні витрати у експериментальній сівалки СЗ-5,4-06М збільшилися приблизно на 3% в порівнянні з базовою сівалкою.

Висновки

Проведена екологічна експертиза свідчить, що запропонований експериментальний висіваючий апарат з чотирьохсекційними котушками з жолобками у формі частини тора є безпечним для навколишнього середовища.

Виконано аналізу умов виникнення і розвитку травм і аварій, для їх усунення запропоновані наступні заходи: встановлення захисних щитків, блокуючих приладів, заземлення при роботі з металообробними верстатами, використання спецодягу для приготування технологічних розчинів, проведення регулярних інструктажів з техніки безпеки.

Економічні розрахунки показали, що в результаті застосування сівалки СЗ-5,4-06М з експериментальними котушковими висіваючими апаратами з чотирьохсекційними котушками, жолобки яких виконані у формі частини тора отримали річну економію в розмірі 500 грн./га від одержаної продукції. Річний економічний ефект при річному завантаженні 120 год. склав 244192 грн. на одну сівалку СЗ-5,4-06М з експериментальними котушковими висіваючими апаратами з чотирьохсекційними котушками, жолобки яких виконані у формі частини тора. Термін окупності склав 1,51 року.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В результаті виконаних теоретичних досліджень технологічного процесу висіву насіння зернових культур експериментальним висіваючим апаратом з чотирьохсекційною катушкою, жолобки якої виконані у формі частини тора отримані вирази для визначення робочого об'єму катушки висівного апарату жолобки чотирьохсекційної катушки якого, виконані у формі частини тора ($V_C = 24864 \text{ мм}^3$); радіус твірної частини тора ($R = 12,48 \text{ мм}$); частота обертання чотирьохсекційної катушки ($n = 29,82 \text{ хв}^{-1}$), довжина жолобка однієї секції чотирьохсекційної катушки ($L = 9,37 \text{ мм}$).

2. Оптимальним значенням швидкості агрегату V можна вважати інтервал значень від 7,8 до 9,7 км/год. Оптимальним значенням довжини жолобка однієї секції чотирьохсекційної катушки висівного апарату з чотирьохсекційною катушкою, жолобки якої виконані у формі частини тора згідно з даними досліджень можна вважати інтервал значень від 8,8 до 9,2 мм. Оптимальним значенням радіусу твірної частини тора висівного апарату з чотирьохсекційною катушкою, жолобки якої виконані у формі частини тора можна вважати інтервал значень 12,38...12,60 мм. Оптимальним значенням частоти обертання катушки висівного апарату з чотирьохсекційною катушкою, жолобки якої виконані у формі частини тора можна вважати інтервал значень 29 ... 31 об/хв. При даних параметрах висівного апарату з чотирьохсекційною катушкою, жолобки якої виконані у формі частини тора забезпечується необхідна нерівномірність розподілу насіння по довжині рядка (21 ... 23%) при посіві.

3. Економічні розрахунки показали, що в результаті застосування сівалки СЗ-5,4-06М з експериментальними катушковими висіваючими апаратами з чотирьохсекційними катушками, жолобки яких виконані у формі частини тора отримали річну економію в розмірі 500 грн./га від одержаної продукції. Річний економічний ефект при річному завантаженні 120 год. склав 244192 грн. на одну сівалку СЗ-5,4-06М з експериментальними

катушковими висіваючими апаратами з чотирьохсекційними катушками, жолобки яких виконані у формі частини тора. Термін окупності склав 1,51 року.