

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра агроінжинірингу

До захисту
Допускається
Завідувач кафедри

Шуляк М.Л.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за магістерським рівнем вищої освіти

На тему: «Дослідження впливу системи контролю притискового зусилля висівних секцій посівної машини на показники якості посіву кукурудзи»

Виконав:

(підпис)

Топіха С.В.

(Прізвище, ініціали)

Група:

СТЗ 2301-2м ВН

(Науковий) керівник:

(підпис)

Лебедев А.Т.

(Прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Випускна кваліфікаційна робота представлена на 41 сторінці машинописного тексту пояснювальної записки, що містить 3 таблиці, 15 рисунків, додатків 2, 25 літературних джерел.

Ключові слова: ПОСІВ, ЯКІСТЬ, ПОСІВНИЙ АГРЕГАТ, РОБОЧА ШВИДКІСТЬ, ПРИТИСКНЕ ЗУСИЛЛЯ.

Метою цього дослідження було оцінити вплив швидкості руху та налаштувань притискної сили на відстань між рослинами та глибину посіву і оцінити взаємозв'язок швидкості висіву та вібрації висівного агрегату на навантаження коліс. Для посіву кукурудзи на полях без обробітку та смугового обробітку використовувалася 12-рядна сівалка. Факторами впливу були налаштування притискної сили з двома рівнями: 63 кг і 100 кг і швидкість руху з чотирма рівнями: 7,2, 9,7, 12,1 і 16,1 км/год. Сівалку було запрограмовано на посів кукурудзи на глибину посіву 5,1 см із нормою висіву 84 000 насінин на гектар, що еквівалентно теоретичній відстані між рослинами 17,8 см. Значного впливу притискної сили на відстань між рослинами на обох полях не спостерігалось, хоча більш високе налаштування притискної сили призвело до вищої точності розміщення між рослинами. Більша варіабельність відстані спостерігалася зі збільшенням швидкості руху. Цільова глибина посіву на полі без обробітку була досягнута завдяки високій притискній силі та меншій швидкості ґрунту, тоді як глибша глибина посіву на полі смугового обробітку спостерігалася за високого налаштування притискної сили. Нарешті, обидва налаштування притискної сили показали збільшення прискорення висівного агрегату зі збільшенням швидкості руху.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Стан питання і задачі дослідження.....	7
1.1 Аналіз конструкцій просапних сівалок	7
1.2 Вплив якісних показників посіву на врожайність культур.....	16
1.3 Аналіз досліджень систем керування притискним зусиллям сівалок...	19
2 Методика досліджень.....	22
2.1 Налаштування обладнання та приладів.....	22
2.2 Розмітка поля.....	24
2.3 Опис поля.....	25
2.4 Збір польових даних.....	27
3 Результати досліджень і їх аналіз.....	29
3.1 Відстань між рослинами.....	29
3.2 Вібрація висівного агрегату та навантаження на колеса.....	34
Висновки.....	36
Список використаних джерел.....	38

ВСТУП

Обґрунтований вибір оптимальних технологічно-конструктивних параметрів і режимів роботи висівного апарату залежить від фізико - механічних і технологічних властивостей оброблюваного сільськогосподарського матеріалу. Технологічною операцією, яка має значущий вплив на якість обробітку, є висів дозованої маси. Технологічний процес висіву характеризується складним конструктивним супроводом, при цьому, він має найбільш вагомий вплив на врожайність вирощуваних сільськогосподарських культур. Глибоке дослідження і оптимізація процесу роботи посівного агрегату, а також елементів, що входять в його систему, дозволяє виявити існуючі недоліки в технологічному процесі, а також в конструкції посівного агрегату, що відкриває шляхи до вдосконалення всієї посівної системи.

В останні роки спостерігається тенденція переходу від механічних до пневматичним висіваючих системам, в основу яких покладено принцип розподілу і транспортування насіння за допомогою повітряного потоку, або вакуумного присмоктування. Висіваючий апарат - це один з елементів сівалки, що відповідає за рівномірне дозування висіваного матеріалу і подальшу його подачу до сошникових груп. Застосування пневматичної висіваючої системи має ряд переваг - зниження відсотка пошкодження (дроблення) насіння, компенсування швидкості руху трактора і швидкості переміщення дозованого матеріалу по насіннепроводам до сошникових груп.

Для посіву пропашних культур, таких як соняшник та кукурудза висіваючі апарати застосовуються в різних технологічних і конструктивних виконаннях, характеризуються рядом позитивних аспектів і деяких недоліків. В даний час питанням якісного виконання технологічного процесу висіву пропашних культур приділяється багато уваги. Незважаючи на те, що дослідженням висівних апаратів займаються багато вітчизняних і зарубіжних вчених, дане питання розкрито недостатньо повно.

1 СТАН ПИТАННЯ І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Аналіз конструкцій просапних сівалок

Технологічний прогрес механічних сівалок для просапних культур був вражаючим із скромного початку перших сівалок наприкінці 18 століття. З роками розмір сівалки різко збільшився, і було розроблено численні технології для постійного покращення продуктивності сівалки в полі.

Сівалка для просапних культур — це знаряддя, яке зазвичай буксирується позаду трактора і з'єднується через дишло або триточкову зчіпку. Розмір сівалки характеризується кількістю висівних секцій, встановлених на рамі, яка зазвичай коливається від 4 до 54 одиниць (Рис. 1) з міжряддями в діапазоні від 20, 24, 28 дюймів.



Рис. 1 - Розмір сівалки для просапних культур від (а) 4 сошників до (б) 56 сошників

Основна мета сівалок для просапних культур — розмістити окремі насінини вздовж рядків з точною відстанню та глибиною. Вузол просапної сівалки складається з чотирьох основних систем або механізмів для виконання процесу посіву.

Дозування насіння є одним із найважливіших компонентів сівалки. Насіння необхідно розділяти на однаковій відстані відповідно до бажаної норми висіву. Типовими системами вимірювання є пальцевий датчик або вакуумметр (рис. 2). Пальчикові дозатори здатні дозувати окремі насінини різної форми та розміру без зміни висівної пластини. Насіння затримується між пальцем або чашкою та нерухомою пластиною, коли пальці обертаються всередині дозувального вузла. Натяг пружини надійно утримує насіння, доки воно не досягне випускного отвору, де потрапляє в систему подачі насіння. У вакуумних лічильниках ця система використовує різні висівні пластини залежно від культури, але дозування насіння точніше, ніж пальцеві лічильники. Частковий вакуум надійно утримує насіння в отворах або пазах дозувального диска. Коли дозуючий диск досягає випускного отвору, екстрактор насіння перериває вакуум, дозволяючи насінню впасти в систему подачі насіння.



Рис. 2 - Два типи системи дозування насіння. Вакуум (а) і пальцевий знімач (b)

Коли висівна пластина або дозуючий диск обертається, вона забирає одне насіння та вивантажує його в отвір, що проходить через систему подачі насіння, де воно направляє насіння в борозну. Мета цієї системи полягає в тому, щоб покласти насіння на дно ложа.

Двома поширеними типами систем доставки насіння для типової проросапної сівалки є насіннепровід гравітаційного типу (рис.3 а) і стрічкова конвеєрна система. У системі гравітаційного типу насіння падає прямо в насінневу трубку на землю. Насіння, що відскакує від стінки насінневої трубки перед тим, як впасти в землю, потенційно може вплинути на відстань між насінням, особливо якщо садити на нерівній місцевості з високою швидкістю руху. Іншим типом системи доставки насіння є стрічковий конвеєр (рис. 3 б). Він був розроблений як удосконалення системи гравітаційного типу, у якій використовується щітка або лопаті, прикріплені до конвеєра, для транспортування насіння після того, як воно виходить із системи дозування насіння. Конвеєр переносить насіння через рівні проміжки та вивантажує насіння в борозну, коли воно досягає протилежного кінця конвеєра.

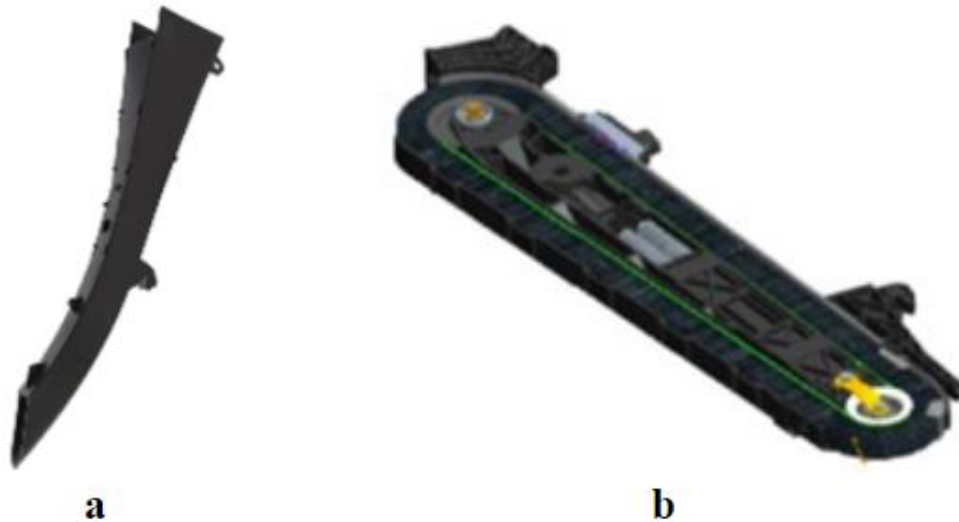


Рис. 3 - Насіннепроводи гравітаційного типу (а) та насінневого стрічкового конвеєра (б)

Насіння потрібно розміщувати на глибині, де є достатньо вологи для досягнення належного проростання. Сошники відповідають за створення V-подібної борозни, тоді як коліщатко контролює глибину висіву (рис. 4). Сівалки оснащені механізмом зміни глибини посіву насіння, яка залежить від фактичних

умов поля при посадці. Іноді борозеночисник використовується для видалення решток, бур'янів та іншого сміття на поверхні ґрунту перед дисками для відкриття.

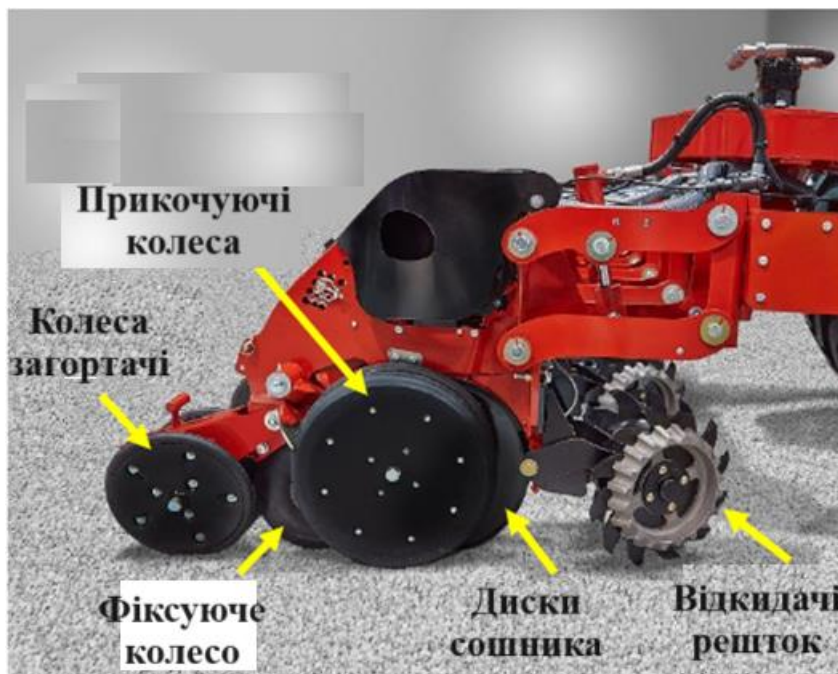


Рис. 4 - Основні вузли сівалки

Для правильного проростання та появи сходів потрібен хороший контакт насіння з ґрунтом. Після того, як насіння поміщено в борозну, використовується пристрій, що покриває насіння, щоб забезпечити необхідний контакт насіння з ґрунтом, покриваючи посаджене насіння ґрунтом. Борознозакривач або закриваючі колеса (рис. 4) призначені для закриття борозни та зміцнення ґрунту, видаляючи повітряні кишені навколо насіння, забезпечуючи ідеальні умови для проростання насіння. Крім того, деякі сівалки використовують прикочувальні колеса, щоб запобігти підстрибуванню насіння навколо борозни після виходу з насіннепроводу, обережно притискаючи кожне насіння до дна траншеї.

Система контролю притискної сили

Сівалки для просапних культур повинні розміщувати все насіння майже на однаковій глибині та з однаковою відстанню вздовж рядків. Щоб досягти цього, диски використовують вагу висівного агрегату для проникнення в ґрунт,

утворюючи посівну борозну потрібної глибини. Опорні колеса контролюють глибину борозни, оскільки вони запобігають заглибленню дисків для відкриття. Надмірна вага, що діє на колісне колесо, коли воно спирається на поверхню ґрунту, називається навантаженням колеса. Через різний опір ґрунту на дисках по полю вага висівного агрегату може бути недостатньою, що може призвести до втрати контакту коліс із землею, що призведе до невеликої глибини посіву.

Виробники оснастили просапні сівалки механізмом для застосування додаткового навантаження на кожен секцію для отримання борозни з бажаною глибиною посіву та здатністю постійно підтримувати цю глибину в усьому полі з різним ущільненням ґрунту, типом ґрунту та рештками. Це додаткове навантаження разом із власною вагою висівного агрегату називається притискною силою висівного агрегату. Притискну силу можна застосовувати за допомогою трьох систем: механічної, пневматичної та гідравлічної.

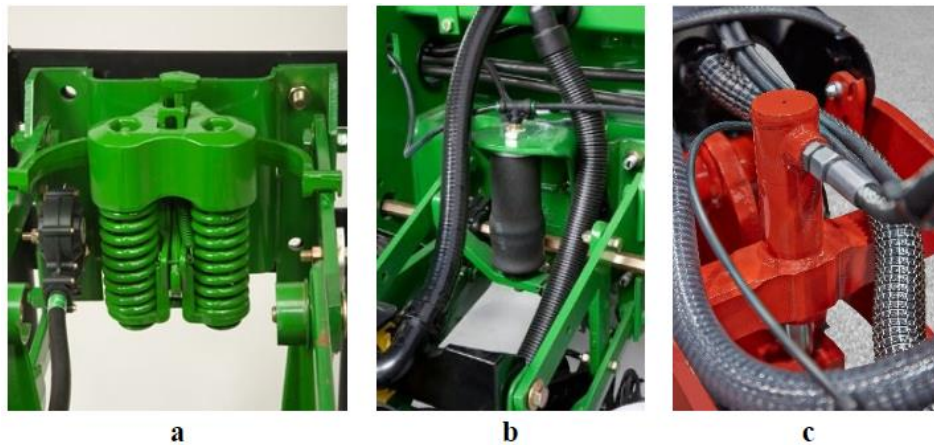


Рис. 5 - Системи притискної сили сівалки (а) механічні (б) пневматичні та (в) гідравлічні

Механічна система

Ця система (рис. 4 а) використовує пружини для забезпечення додаткового навантаження для належного функціонування основних компонентів сівалки. Навантаження регулюється шляхом ручного вибору виїмки на висівній одиниці за допомогою важеля, де кожна виїмка відповідає певній кількості додаткової притискної сили з дуже невеликими кроками. Однак притискна сила висівного

агрегату може значно змінюватися ($F = kS$, закон Гукса) за допомогою цієї системи, оскільки пружини швидко реагують (стискаються або подовжуються) на зміну місцевості під час посіву, що призводить до значної зміни навантаження, що прикладається до висівних блоків.

Пневматична система

У цій системі (рис. 4 b) використовуються гумові подушки безпеки, які за допомогою компресора наповнюють її повітрям, коли необхідно підтримувати притискну силу якомога рівномірнішою під час руху сівалки по полю. Ця система більш зручна, оскільки оператор може регулювати притискну силу в кабіні. Крім того, система подушок безпеки може забезпечувати більш постійну притискну силу, оскільки ви можете вибрати будь-де в межах діапазону додаткової притискної сили висівного агрегату (від 0 до 440 фунтів) порівняно з механічними системами притискної сили. Датчики вимірювального колеса забезпечують зворотний зв'язок щодо притискної сили висівного агрегату, який можна використовувати для регулювання притискної сили під час посіву. Однак ця система не надто реагує на швидкі зміни, потрібен час, щоб досягти бажаного тиску на подушках безпеки.

Гідравлічна система

Гідравлічна система забезпечує швидший час реакції на зміну вимог притискної сили висівного агрегату порівняно з пневматичними системами. Ця система (рис. 4 c) використовує гідравлічні циліндри для застосування додаткової притискної сили до висівних агрегатів, якщо необхідно. Перед посадкою вибирається цільове навантаження на колесо, яке вважається достатнім для сівалки, щоб підтримувати бажану глибину посіву під час посіву. Система підтримуватиме це значення для досягнення бажаного проникнення в ґрунт і сталої глибини посіву без ущільнення ґрунту. Датчик вимірювального колеса забезпечує зворотний зв'язок щодо навантаження на вимірювальне колесо, що визначає, чи потрібно регулювати притискну силу. Ця система є перевагою,

особливо на полях із різними умовами (обробка ґрунту, текстура ґрунту, рельєф, рештки тощо), де потрібен миттєвий час реагування на умови поля, що постійно змінюються.

Автоматичне керування секціями

Сівалки просапних культур можна оснастити технологією секцій автоматичного керування, щоб підвищити ефективність посіву за рахунок зниження витрат виробництва та підвищення продуктивності. Використовуючи систему глобального позиціонування, обладнану сівалкою разом із картами покриття, секція автоматичного керування дозволить просапним сівалкам запобігти пересіву, керуючи окремими висівними агрегатами або рядковими блоками в секції під час операцій посіву. Як правило, спочатку засаджують межі поля, а потім решту поля.

Під час сівби оператори вручну вмикали та вимикали висівні агрегати по всій ширині сівалки, коли вона наближалася до засіяних або запланованих до посіву ділянок. У якийсь момент один кінець сівалки буде починати рухатись внахлест до крайніх рядів. Вимкнення висівних блоків може призвести до пропуску (незасіяних) ділянок, у той час як повна ширина сівалки досягає кінцевого ряду перед вимкненням рядків може призвести до подвійного посіву площ (рис. 5 а).

Звести до мінімуму площі, що перекриваються, буде важко, особливо якщо уникати пропусків ділянок під час посіву. Подібним чином посів на полях неправильної форми, поворот на смузі та уникнення перешкод також може збільшити перекриття смуги.

Технологія автоматичного керування секціями автоматично вмикає секції або ряди сівалки на ділянках поля, які раніше були засіяні, і автоматично вмикає ці окремі секції або ряди сівалки, коли потрібно засіяти ділянки, наближаються (рис. 4 б). Ця система може суттєво зменшити витрати на перекривання насіння і покращити врожайність завдяки зменшенню перекриття або пропуску площ.

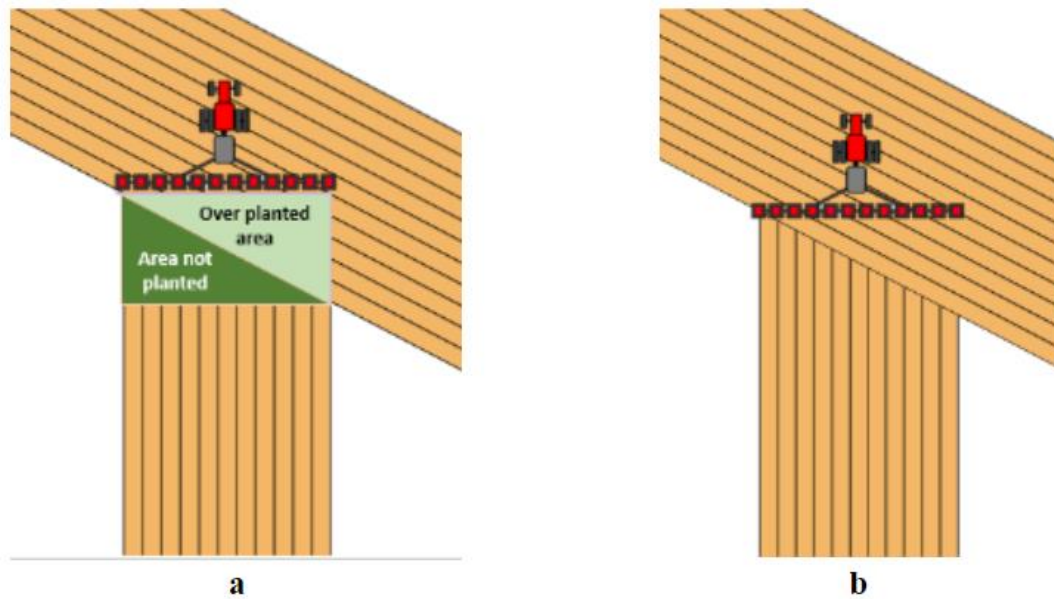


Рис. 6 - Ручне керування секціями (а). Автоматичне керування секціями (b) окремих рядків



Рис. 7 - Вплив автоматичного контролю секцій на зменшення перекриття

Посів є одним із важливих етапів у рослинництві, який сильно впливає на потенційну врожайність. Точне та послідовне розміщення насіння вимагає передових точних технологій, які здатні підтримувати ці бажані параметри посіву в умовах високодинамічної роботи в полі. У 2018 році світова індустрія точного землеробства коштувала 5,6 мільярда доларів США, а в 2024 році вона досягне

11,6 мільярда доларів. Технології точного землеробства стосуються систем навігації різного сільськогосподарського обладнання з використанням глобальної системи позиціонування (GPS), геоприв'язаних карт ґрунту та врожайності та систем змінної норми внесення, які спрямовані на максимізацію виробництва продуктів харчування, зниження витрат виробництва та мінімізацію витрат та надмірного використання ресурсів. Використання сівалок точного висіву надає операторам зворотній зв'язок у режимі реального часу та дозволяє їм здійснювати коригування на ходу, що відповідає масштабу просторової мінливості, наявної на полі під час посівних операцій. Таким чином, оператори здатні керувати стратегіями, які дозволяють їм розміщувати насіння в потрібному місці та в потрібний час. Посів в потрібний час передбачає дотримання рекомендованих дат посіву, щоб запобігти потенційній втраті врожаю через затримку посіву.

На вплив затримки посіву на потенційну врожайність може вплинути скорочення вегетаційного періоду, що збільшує появу комах і хвороб, а також небажані погодні умови під час запилення. Період посіву коливається від квітня на півдні до середини травня на північному заході.

Однак через невизначеність погоди будуть випадки, коли надмірна вологість, здебільшого через дощі, потенційно може скоротити дні, придатні для посіву. Ця ситуація може змусити виробників виконувати посадкові операції за межами оптимального вікна посіву. Попередні дослідження показали, що пізній посів може потенційно знизити врожайність.

Своєчасне завершення посіву також може вимагати стратегії управління від виробників, оскільки середній розмір полів зростає. Така стратегія може включати збільшення швидкості посіву, щоб отримувати більше гектарів на день протягом доступних днів ідеальних дат посіву. Однак більш висока швидкість посіву може призвести до нерівномірної глибини посіву та розміщення насіння,

особливо коли поле завжди відрізняється щодо текстури ґрунту, вологості, поживних решток і рельєфу.

Декілька досліджень показали, що рівномірність розміщення рослин і поява сходів залежать від швидкості, яка в кінцевому підсумку впливає на потенційну врожайність кукурудзи.

Поганий контроль глибини сівалки при вищій швидкості посіву міг спричинити затримку появи сходів і мінливість інтервалів. Дослідження, говорять про зниження врожайності за кожен одиницю збільшення швидкості посіву в діапазоні від 7 км/год до 10,0 км/год, що можна пояснити нерівномірністю у відстанях. Дослідження свідчать про зниження точності розміщення насіння зі збільшенням швидкості та припускають, що мінливість у відстанях може бути пов'язана з підстрибуванням насіння в ложі через вібрацію сівалки. Подібним чином було показано, що нерівномірна глибина посіву призводить до поганого сходу культур, що призвело до зниження врожайності зерна. Сучасні сівалки точного висіву або просапні сівалки здатні підтримувати цільову глибину посіву та відстань між різними умовами поля, контролюючи притискну силу. Величина додаткового навантаження змінюється на кожному полі та визначається під час фактичних операцій посіву та польових умов.

1.2 Вплив якісних показників посіву на врожайність культур

Ефективна робота в сучасному сільському господарстві вимагає високої продуктивності посівних машин, універсального комбінування різних робочих органів в складі агрегату, а також можливості швидкого та безпечного перміщення по дорогах загального користування.

Загалом слід зазначити, що серед традиційних вимог до надійності та ефективності виробленої техніки на передній план виходять конкурентоспроможність, поєднання виконуваних операцій, універсальність і

пристосованість до різних природних та виробничих умов, співвідношення ціни та якості, а також організація технічного сервісу. В сучасних умовах виробники техніки мають більше проявляти гнучкість і оперативність при задоволенні різноманітних вимог замовників.

Подальше вдосконалення посівної техніки ведеться в напрямках підвищення рівномірності доставки насіння і добрив до сошників; забезпечення заданої рівномірності їх висіву по глибині; збільшення об'єму ємностей для насіння і добрив, а також зменшення часу на переведення широкозахватних комплексів в транспортне положення для транспортування на великі відстані і назад - в робоче.

Незалежно від типу посівної техніки, спільною тенденцією їх вдосконалення є підвищення показників якості виконання технологічного процесу всіма агрегатами машини. Досягти цієї мети можна ретельно підбираючи тип і параметри робочих органів для кожної визначеної ґрунтово-кліматичної зони.

Серед показників сучасної сівалки, що визначалися опитуванням керівників агропідприємств, перше місце посідає якість посіву, на другому - надійність і тільки на третьому - співвідношення ціни та якості.

Головними чотирма факторами врожайності, на які можливо вплинути під час сівби є це норма висіву, відстань між рослинами в рядку, наявність двійників і пропусків і проростання.

При цьому норма висіву, як не дивно здається багатьом, має найменше значення. Фактор відстані між рослинами, тобто, точної розкладки насіння, впливає на врожайність більше. Ще важливіше виявилася сінгуляція - відсоток двійників і пропусків. Виробники та продавці сівалок звертають велику увагу сільгоспвиробників на заходи щодо мінімізації двійників і пропусків. Однак це не найважливіше. Адже всі ці заходи забезпечують тільки рівномірність

розподілу насіння по полю. Тоді як найбільше впливає на врожайність рівномірність проростання.

У цей показник входять як відсоток схожості насіння, так і рівномірність і одночасність сходів. Рівномірними і дружними вважаються сходи, отримані протягом перших 36-48 годин після посіву. Якщо якась рослина не встигає виткнутися в перші 2 доби, а велика частина сусідніх встигає, то ті, що зійшли раніше, його заглушають. А це - недобір урожайності.

Залишилося тільки розібратися в причинах нерівномірності сходів. На них пролили світло деякі досліді і аналіз даних систем точного землеробства. Наприклад, з'ясувалося, що на глибині загортання насіння, визначеної в літературі для відповідної культури в якості оптимальної, відносна вологість ґрунту коливалася від 20 до 60%, а для успішного проростання насіння вологість на глибині їх закладки повинна становити не менше 30%.

У зв'язку з цим досліді показали істотний вплив на проростання глибини загортання насіння. Наприклад, в ході одного з дослідів з'ясувалося, що насіння кукурудзи, посіяні на глибину 7,6 см, де було найбільше вологи, через певний період часу проросли майже все. За цей же час насіння, посіяні на глибину 5 см, ледь почали проростати через брак вологи. А посіяне на глибину 2,5 см так і залишилися лежати в очікуванні дощу. Тому постійна робота агронома - це пошук «золотої середини». Тому що посієш глибоко - більше вологи, але втрачається енергія проростання. А посієш дрібно - енергія проростання буде краще, зате вологи буде не вистачати.

Також в ході одного з дослідів, проведеного в минулому році в Україні на полях компанії «Кернел», виявилось, що правильний вибір навантаження на посівну секцію має набагато більше значення для врожайності, ніж низька кількість двійників і пропусків. Наприклад, при оптимальному притискному зусилля, яке прикладається до посівної секції, і інших рівних умовах врожайність кукурудзи становила 144,5 ц / га. При максимальному притискному зусиллі, коли

на сівалці, як то кажуть, закрутили все пружини, врожайність знизилася до 140,5 ц/га. А ось коли притискне зусилля зменшили до 80 кг - врожайність зменшилася до 131 ц/га. Тому низьке притискне зусилля часто не може перешкодити підйому сошника. Тим часом багато українських аграріїв сіють просапні культури легкими сівалками, де притискне зусилля не перевищує 80 кг.

Звичайно, про необхідність коригування глибини посіву або притискного зусилля залежно від ґрунтових умов знає кожен агроном. Однак на практиці не всі з сільгоспвиробників перенастроюють притискне зусилля при переїзді на поле з іншими умовами, так як не готові витратити на це по 4-5 годин з 20 годин роботи сівалки на добу навесні в сезон.

Тому в останні роки розвиток технологій точного землеробства дозволило змінювати притискне зусилля не виходячи з кабіни, причому посекційно - так само, як трохи раніше точне землеробство зробило можливим регулювання норми висіву. Але подібні технології коштують грошей. Наприклад, сучасна імпортна пропашная сівалка, оснащена всіма найсучаснішими технологіями точного землеробства, обійдеться українським аграріям в 60-90 тис. дол.

1.3 Аналіз досліджень систем керування притискним зусиллям сівалок

Рівномірне розміщення насіння, яке тут розуміється як результат рівномірності між рослинами та глибиною посіву, вимагає належного вибору контролю притискної сили в різних умовах поля, особливо під час посіву на більшій швидкості руху. Таким чином,

Метою сівалок точного висіву є розміщення насіння в ґрунті таким чином, щоб створити ідеальне середовище для рівномірного проростання. Правильне розміщення насіння є важливим, щоб забезпечити достатню вологість насіння для проростання та запобігти впливу небажаних умов навколишнього середовища. Контроль розміщення насіння може бути складним, коли сівалки працюють на вищій швидкості. Збільшення швидкості посіву може призвести до

того, що насіння підстрибуватиме навколо насіннепроводу, що призведе до нерівномірного розміщення та глибини. Дослідження показали важливість посіву на оптимальну глибину, коли посів понад порогової глибини (надто мілка або занадто глибока) може призвести до поганої продуктивності врожаю. Глибина посіву є одним із головних факторів появи сходів і вегетативного розвитку кукурудзи. Час до появи сходів значно збільшується, коли глибина посіву збільшується з 3 см до 7 см.

Подібним чином досліджували вплив глибини посіву кукурудзи на появу сходів у теплиці з відмінностями щодо появи сходів при збільшенні глибини посіву. Озмерзі та ін. провели дослідження з використанням сівалки точного висіву, не виявивши суттєвої різниці щодо рівномірності посіву при різній глибині посіву. Проте максимальна швидкість сходів була досягнута при номінальній глибині посіву 6 см. Подібним чином посів на вищій швидкості спричиняє вібрацію в рядках, що може зменшити опір коченню коліс через неадекватне застосування притискної сили. Знаходження оптимальної притискної сили при змінних умовах ґрунту та при збільшенні швидкості може бути складним завданням із точки зору забезпечення достатнього навантаження, щоб запобігти втраті контакту висівних агрегатів із землею, але не надто великого, щоб спричинити ущільнення бічних стінок.

Притискна сила — це величина навантаження, що прикладається до висівного блоку сівалки для досягнення бажаної глибини посіву. Це навантаження складається з ваги висівного агрегату та додаткового навантаження, яке прикладається через механічні пружини, подушки безпеки або гідравліку для компенсації змінних вимог до навантаження через зміну умов ґрунту. Попередні дослідження продемонстрували негативний вплив застосування надмірного навантаження на глибину та сходи кукурудзи. Застосування занадто великого навантаження під час посіву може призвести до надмірного ущільнення ґрунту, тоді як недостатнє навантаження може призвести

до меншої глибини посіву, але обидві ситуації можуть призвести до поганого розвитку коренів і нерівномірне проростання рослин. Були проведені дослідження розміщення насіння з використанням різних рівнів подвійних дискових сошників і притискних сил [13]. Результати показали, що недостатня глибина посіву була досягнута при найменшій притискній силі, що негативно вплинуло на сходи культури. Подібним чином [5] провели статичне випробування сівалки, демонструючи значний вплив на час до появи сходів і глибину посіву, спричинений застосуванням статичного навантаження на прикочувальні колеса. Таким чином, двома ключовими параметрами продуктивності сівалки, які можуть впливати на закріплення кукурудзи, є навантаження на колеса і швидкість висіву, що визначає ключові параметри посіву, такі як бажана щільність насіння, рівномірне сходження та глибина посіву.

Жоден окремий параметр не відповідає за відмінності в остаточному створенні насадження на полях, а досить часто це є поєднання факторів під час посіву. Декілька досліджень [11] вивчали вплив швидкості руху на остаточне формування насаджень. Однак не було опубліковано жодних даних для визначення впливу різних налаштувань притискної сили на різні швидкості руху. Попередні дослідження показали мінливість навантаження на опорні колеса секцій сівалок, обладнаних фіксованим налаштуванням контролю притискної сили під час роботи в полі, що рекомендує майбутні дослідження для кількісної оцінки впливу різних швидкостей висіву та налаштувань притискної сили на розміщення насіння за різних польових умов. Таким чином, цілями цього дослідження було: 1) оцінити вплив швидкості висіву та налаштувань притискної сили на відстань між рослинами та глибину посіву, і 2) оцінити взаємозв'язок швидкості посіву та вібрації висівного апарату на навантаження на опорне колесо та його вплив на висів насіння.

2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Налаштування обладнання та приладів

Для посіву використовувалась сівалка *Horsch Maestro 30 SW* (Horsch Maschinen, Німеччина) з технологією регулювання норми та секції, що керується трактором *John Deere 8250R*. 12 рядків сівалки розташовані на відстані 70 см одна від одної. Управління сівалкою здійснювалося за допомогою польового комп'ютера *2630 John Deere (GreenStar – 3, Deere and Company, США)*, підключеного до електричного блоку керування (ECU) сівалки (Horsch Maschinen) через *ISOBUS*. Сівалка була запрограмована для здійснення автоматичного керування секціями шляхом автоматичного вимкнення електродвигунів (*BG 45x15 SI, Dunkermotoren*) окремих рядкових агрегатів на основі попередньо засіяних площ, як це було зафіксовано GPS на сівалці. ЕБУ використовував швидкість, зафіксовану GPS, для генерації бажаних обертів двигуна для досягнення бажаної кількості обертів. Датчик висіву (*Hu Rate Plus, Dickey – John Corp.*) було розміщено вздовж насіннєпроводу на кожній висівній одиниці, щоб забезпечити зворотний зв'язок щодо виділення насіння, подвійних і промахів, які відображаються в польовому комп'ютері. Кожна рядна установка була встановлена на заводі з тензодатчиком або датчиками (6784, Horsch Maschinen), розробленими для вимірювання від 0 до 1000 кілограм-сил (кгс) з лінійним аналоговим виходом від 3 до 20 мА.

Датчики навантаження були відкалібровані для встановлення кореляції між аналоговим виходом датчиків у мА та діапазоном вимірювань датчиків у кгс. Калібрування було виконано за допомогою датчика для вимірювання відомих ваг, а отримана регресійна крива була використана для розрахунку навантаження на колесо (НК) шляхом перетворення сигналу датчика навантаження в мА в кгс. Садильні агрегати були згруповані в контрольні секції (рис. 8), де на кожній

секції був встановлений датчик тиску для вимірювання тиску гідравлічного масла в режимі реального часу під час посіву. Показники тиску масла вказуватимуть на те, що гідравлічна система застосовує постійний тиск до рядків, таким чином зберігаючи постійну притискну силу під час посіву. Секція керування 1 включала перші три блоки рядків (рядки 1, 2, 3), секція керування 2 складалася з блоків рядків у середині панелі інструментів (рядки 6 і 7), секція керування 3 містила останні три блоки рядків (рядки 10, 11 і 12), а секція 4 включала рядки вздовж слідів шин (ряди 4, 5, 8 і 9). Контрольні секції 1, 2 і 4 були оснащені перетворювачами з діапазоном вимірювання від 0 до 25 мПа з вихідним сигналом від 4 до 20 мА (*HDA 844L – A – 0250 – 161, Hydac, Glendale Heights*). Контрольна секція 2 була оснащена перетворювачем з діапазонами вимірювань від 0 до 52 мПа з вихідним сигналом від 0,5 до 4,5 В постійного струму (модель *KM41, Ashcroft Inc., Stratford*). Чотири висівки (ряди 1, 6, 7 і 14) були обладнані акселерометрами (модель *3741E1210G, PCB piezotronics*) для реєстрації вібрації висівок під час посіву. Потенціометр (модель *424A11A090B, Elabou sensor Tech.*) був встановлений на один рядковий блок для вимірювання вертикального переміщення панелі інструментів, що вказує на її робоче положення. Він має діапазон вимірювань від 0 до 90 градусів з діапазоном вихідного сигналу від 3 до 22 мА. Пристрій GPS із точністю до субдюйма (*GR5, ТПС, Inc., Лівермор, Каліфорнія, США*) використовувався для одночасного визначення місцезнаходження та швидкості під час посіву. Датчики навантаження, датчики тиску, акселерометри, потенціометри та GPS-блоки були підключені до шасі NI cRIO через модулі серії С (*National Instruments, Austin, TX*), а сигнали збиралися з частотою дискретизації 10 Гц за допомогою спеціально розробленої програми LabVIEW через керування ноутбуком (*Latitude 14 3470, Dell, Round Rock*).

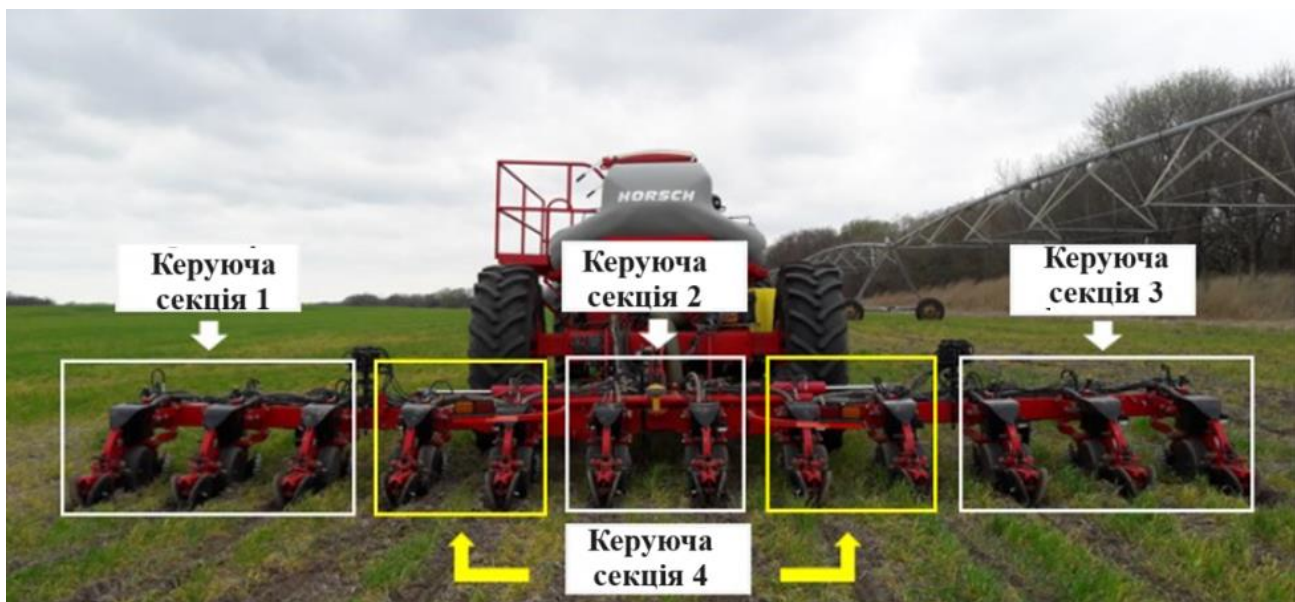


Рис. 8 - Панель інструментів сівалки розділена на 4 різні розділи керування

2.2 Розмітка поля

Розташування дослідних пробних ділянок показано на рисунку 9. Було обрано два рівні навантаження активної притискної сили, які реалізують низьку та високу притискну силу. Консультації з виробниками та співавторами запропонували встановити цільове навантаження на колесо (НК) на рівні 63 кг (140 фунтів) для реалізації низької притискної сили, що тут називається «активним низьким налаштуванням», і встановити НК на 100 кг (220 фунтів) для високого рівня притискної сили, яка тут називається «активним високим налаштуванням».

Експериментальні випробування були проведені на 6 ділянках (довжиною 150 метрів), реалізуючи структуру планування розділених ділянок. Експеримент складався з двох факторів обробки: налаштування притискної сили з двома рівнями: 63 кг і 100 кг (D1 і D2) і швидкості руху з чотирма рівнями 7,2 км/год, 9,6 км/год, 12,0 км/год і 16,1 км/год (S1, S2, S3 і S4). Кожну ділянку (всю ділянку) поділяли на 4 менші ділянки (підділянки) однакового розміру, де налаштування

притискної сили випадково призначали всій ділянці, а швидкість руху випадковим чином призначали кожній підділянці. Кожна ділянка складається з 12 рядів і 14 м в одному ряду була випадково обрана для збору вимірювань відстані між рослинами та глибини посіву. Що рекомендовано для отримання адекватної вибірки, яка представлятиме решту поля. Активне низьке налаштування було реалізовано шляхом застосування гідравлічного тиску 118 Бар, тоді як тиск 146 Бар було застосовано для реалізації активного високого налаштування. Була застосована норма висіву 84 000 насінин на га, що відповідає цільовому інтервалу 17,8 см. Цільову глибину посіву було встановлено на 5,1 см, вручну встановивши штифт регулювання глибини у відповідний слот на висівній частині. Дисперсійний аналіз проводили за допомогою процедури *GLIMMIX* в *SAS University Edition* (версія 2018 року, SAS Institute Inc, Кері, Північна Кароліна, США). Порівняння середніх значень проводилося за допомогою ЛСД-тесту Фішера (найменш значуща різниця). Якщо не вказано інше, ефекти вважалися статистично значущими на рівні ймовірності 0,05.



Поле А

Поле В

Рис. 9 - Аерофотозйомка полів із зазначенням розташування дослідних ділянок

2.3 Опис поля

Експеримент проводився на полі площею 26,1 гектара, яке тут згадується як поле А, і на полі площею 43,1 гектара, тут згадується як поле В. Поле А

прийняло систему керування нульовим обробітком із покривними культурами (рис. 10а), а поле В — це поле зі смуговим обробітком (рис. 10b). На обох полях вимірювали електропровідність ґрунту (ЕС) за допомогою сенсорна платформа *Verismobile (MSP) (EC Surveyor 3150, Veris Tech., Саліна, Канзас, США)*. Під час збору даних ЕС Veris EC Mapper у MSP представив поле на області з низьким, середнім і високим значенням ЕП. Кожну зону ЕП було позначено як цільові для відбору проб ґрунту, з яких зразки ґрунту будуть взяті після збору даних ЕП. На кожному полі було відібрано 9 зразків ґрунту (три зразки з трьох різних зон) на глибині 30,5 см за допомогою пробовідбірника ґрунту Classic Soil Probe з наконечником діаметром 1,9 см (модель L, Oakfield Apparatus)). Зібрані зразки ґрунту були передані для аналізу текстури ґрунту в лабораторію випробування ґрунтів. Характеристики текстури ґрунтів двох полів представлені в таблиці 1.



а

б

Рис. 10 - (а) Поле А, на якому показано покривні культури, і (б) Поле В, на якому показано поле зі смуговим обробітком

Таблиця 1- Структурні властивості ґрунту полів А і Б

Структура	Field A	Field B
Частка піску	28,0	18,7
Частка мулу	50,3	57,0
Частка глини	21,7	24,3
ЕП (мСм/см)	0,9	0,8

2. 4 Збір польових даних

Відстань між рослинами

Відстань між рослинами вимірювали після того, як сходи вважалися повними. стандартна вимірювальна стрічка була викладена вздовж 14-метрової смуги, і накопичені показання інтервалу були записані. Теоретичну відстань між рослинами розраховували на основі популяції рослин, застосованої під час посіву, та відстані між рядками сівалки.

Використовуючи встановлену популяцію рослин і відстань між рядками сівалки, еквівалентна теоретична відстань між рослинами становила 17,8 см. Оскільки стандартне відхилення саме по собі не вказує на однорідність у насадженні, було визначено пропуски та двійники поряд із точністю, щоб кількісно визначити узгодженість відстані між рослинами відносно теоретичної відстані (St). Таким чином, показники рівномірності між рослинами, використані в цьому дослідженні, відповідали індексам, встановленим Міжнародною організацією стандартизації, які також використовувалися в дослідженні. Це індекс кратності, індекс пропусків та точність. Індекс кратності (D) визначає кількість інтервалів на кожному рядку, меншу або дорівнює $0,6 St$. Це було розраховано за формулою:

$$D = \frac{nD}{N},$$

де nD — кількість виміряних відстаней, менших або рівних 8,25 см для FDF і 8,9 см для ADF. N - загальна кількість відстаней, виміряних на кожному рядку. Міс-індекс (M) вказує на кількість проміжків на кожному рядку, які в 1,4 рази перевищують St . Цей індекс був розрахований за формулою:

$$M = \frac{nM}{N},$$

де nM — це величина виміряної відстані між послідовними рослинами, яка перевищує 24,75 см і 26,7 см для *FDF* і *ADF* відповідно.

Індекс якості живлення (*A*) або одиниці розраховує частку вимірних відстаней на кожному рядку, які знаходяться в межах 0,5 та 1,4 *St*. Для розрахунку цього індексу була використана наступна формула:

$$A = nA/N,$$

де nA - це кількість вимірних проміжків, які знаходяться в межах від 8,25 см до 24,75 см для *FDF* і від 8,9 см до 26,7 см для *ADF*. Індекс прецизійності (*C*) кількісно визначає мінливість відстані між рослинами після того, як пропуски та подвійні рослини видалені, або відстані, які вважаються одиночними, і був розрахований за наступною формулою. Менше значення вказує на меншу мінливість інтервалу.

Глибина посіву

Визначення глибини посіву проводили шляхом ручного викопування насіння рослин, що зійшли, і вимірювання відстані насіння від поверхні землі. Вимірювання проводилося шляхом зіскрібання пухкого ґрунту до рівня голого поля, а плоска палиця була розміщена на борозні вздовж напрямку руху сівалки. Стандартну 0,5-метрову лінійку використовували для вимірювання глибини, розташували її перпендикулярно до плоскої палиці з нульовим кінцем поруч із насінням. Показання записували з точністю до 1,0 сантиметра.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ І ЇХ АНАЛІЗ

3.1 Відстань між рослинами

Середня відстань між рослинами, індекс якості живлення, індекс пропусків, множинний індекс і індекс точності у полях А і В наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 - Середня відстань між рослинами, індекс якості живлення, індекс пропусків, множинний індекс і індекс точності під впливом налаштування притискної сили.

Поле	Налаштування притискної сили	Інтервал, см	Індекс якості живлення, %	Індекс пропусків, %	Множинний індекс, %	Індекс точності, %
А	D1	18,2	85,0	8,4	4,1	27,7
	D2	18,4	87,5	10,2	4,8	24,5
В	D1	17,9	87,1	7,4	5,5	22,1
	D2	18,1	87,8	7,6	4,7	20,5

Результат показує, що на відстань між рослинами не вплинуло налаштування притискної сили на обох полях у цьому дослідженні. Спостережувані результати з вибраним НК 65 кг і 100 кг були подібні до результатів, які повідомили, що знижений тиск (від 15 кг до понад 80 кг) суттєво не вплинув на середню відстань між рослинами. Незважаючи на несуттєву різницю, налаштування притискної сили D2 дало найвищу варіабельність відстані між рослинами в обох полях.

Результати свідчать про те, що обох рівнів притискної сили може бути недостатньо для мінімізації руху висівного агрегату через наявність покривної культури та пожнивних решток на полі, що призвело до вищих пропусків (індекс пропуску) та множинного індексу, що негативно вплинуло на якість індексу живлення (сингуляції) та індексу точності. Індекс якості живлення визначає, наскільки виміряна відстань наближається до номінальної, а вищі значення

вказують на кращу продуктивність посіву. З іншого боку, індекс нижчої точності є мірою мінливості інтервалів після видалення пропусків і двійників.

Нижчі значення вказують на кращу продуктивність сівалки. Такі результати узгоджуються з результатами, які припустили, що високий рівень залишків на поверхні вплине на продуктивність системи дозування насіння. Такий результат вказує на необхідність застосування вищих рівнів притискної сили для втиснення решток у ґрунт, зменшуючи випадки надмірного підстрибування висівних агрегатів. Застосування обох налаштувань притискної сили на полі В призвело до меншої мінливості відстані. Хоча на полі з невеликою кількістю рослинних залишків і обробленому полі очікується більш рівномірна відстань, наявність грудок ґрунту могли спричинити підстрибування секцій, що могло вплинути на послідовність розміщення насіння.

Таблиця 3 показує, що на середню відстань між рослинами може вплинути більш висока швидкість посіву, при посіві на полі без обробітку. На обох полях відстань між рослинами є найвищою – 16,1 км/год із зміною, яка демонструє тенденцію до зростання зі збільшенням швидкості посіву. Ці результати свідчать про те, що розміщення насіння скомпрометовано зі збільшенням швидкості посіву. Результатом є нерівномірний інтервал між насінням, що може бути наслідком неефективності висівного пристрою при вищій швидкості висіву та вібрації висівного агрегату, яка спричиняє підстрибування насіння вздовж насіннепроводу або під час розміщення насіння вздовж борозни.

Сівба зі швидкістю руху до 12 км/год призвела до дуже постійного розташування рослин на обох полях, що призвело до PSV в межах оптимального та високого поділу та низької частоти промахів і подвійних полів. Однак при 16,1 км/год навантаження може бути недостатнім для мінімізації вібрації висівних агрегатів, що збільшує середню відстань між рослинами.

Таблиця 3 - Середня відстань між рослинами, індекс якості живлення, індекс пропусків, множинний індекс і індекс точності залежно від швидкості руху на трьох ділянках поля

Поле	Робоча швидкість, км	Інтервал, см	Індекс якості живлення, %	Індекс пропусків, %	Множинний індекс, %	Індекс точності, %
А	7,2	18,0	93,5	5,3	1,2	22,7
	9,6	18,1	88,9	9,2	4,3	25,0
	12,0	17,5	87,6	7,9	4,5	27,3
	16,1	19,5	77,5	14,8	7,7	29,5
В	7,2	17,6	92,0	4,6	3,4	18,3
	9,6	18,0	87,7	7,0	5,3	19,9
	12,0	18,0	88,2	9,0	2,9	21,6
	16,1	18,3	81,9	9,4	8,7	25,4

Ці результати свідчать про те, що в польових умовах дослідження вибраний рівень притискної сили для кожного налаштування був достатнім для досягнення рівномірної відстані між рослинами при посіві до 12 км/год. Однак сівба в режимі No-Till і швидкість руху понад 12 км/год передбачає більші вимоги до навантаження для досягнення бажаної рівномірності розміщення насіння.

Взаємодія між швидкістю руху та налаштуванням притискної сили суттєво вплинула на глибину посіву в двох місцях поля (рис. 12 і 13). Результат означає, що можна очікувати глибшого посіву з вищим налаштуванням притискної сили (D2) і вищою швидкістю руху.

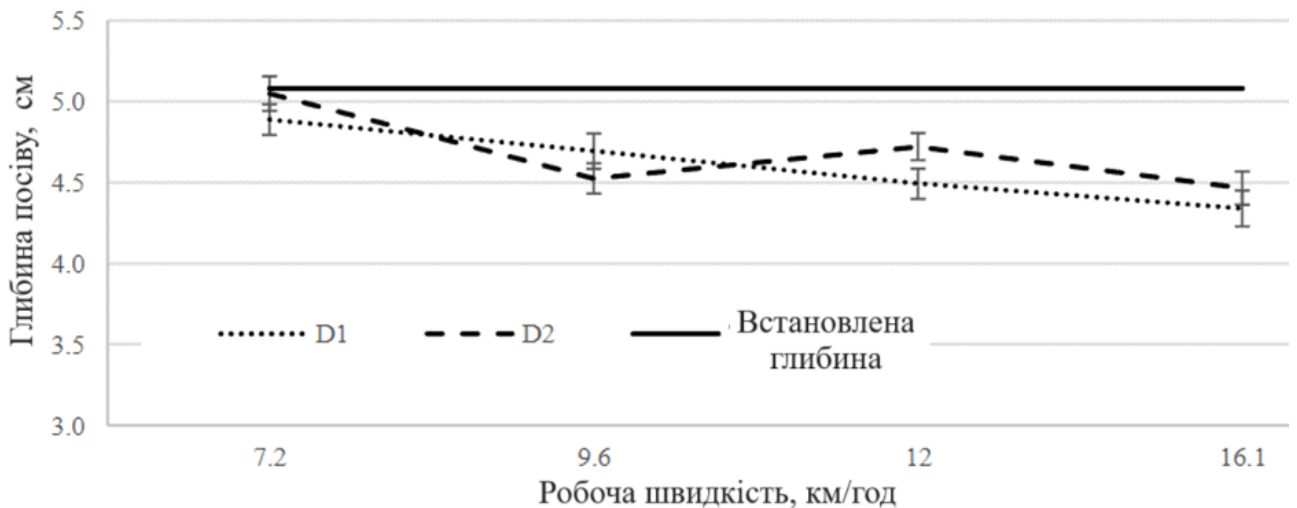


Рис. 12 - Зміна глибини висіву залежно від швидкості руху та налаштування притискної сили в режимі no-till із покривними культурами.

Смуги похибок вказують на 95% довірчий інтервал для середніх значень

У полі без обробітку не спостерігалось істотної різниці в глибині посіву між налаштуваннями притискної сили D1 і D2 на 7,2 і 9,6 км/год. Глибина посіву має тенденцію до зменшення при налаштуванні притискної сили D1, коли швидкість руху збільшується з 12 до 16,1 км/год. Для обох налаштувань притискної сили глибина посіву була нижчою за цільову при швидкості руху 9,6 км/год, що свідчить про те, що впроваджена НК була достатньою для підтримки глибини посіву для поля в цьому дослідженні (Рис. 12). Такий результат вказує на те, що НК може бути не в змозі утримувати висівні секції в контакті з землею через сошникові диски, які вимагають додаткового навантаження для проникнення в ґрунт, щоб досягти бажаної глибини посіву, особливо за більшої швидкості руху на полі без обробітку. Крім того, наявність поверхневих рослинних решток могла призвести до того, що висівні секції створюють нерівномірну глибину посіву через спресовані пожнивні рештки, які дозволяли опорному колесу «плавати», що призводило до меншої глибини посіву.

Наявність пожнивних решток і покривної культури могла сприяти меншій глибині посіву, особливо при низькій притискній силі, що може вимагати

додаткового навантаження, щоб стиснути ці матеріали, щоб дозволити відкриваючому диску досягти бажаної глибини.

Результати вказують на невелику глибину посіву, спричинену додатковою товщиною, утвореною спресованими пожнивними рештками, що свідчить про більший прижимний тиск для мінімізації коливань глибини посіву. Для поля зі смуговим обробітком налаштування притискної сили D2 досягає глибини посіву вище цільової, за винятком швидкості ґрунту 16,1 км/год (Рис. 3.6). Такі результати свідчать про те, що вибране налаштування притискної сили може бути занадто великим для поля в цьому дослідженні, що призводить до більшої глибини посіву, що також може призвести до ущільнення бічної стінки.

З іншого боку, глибина посіву для налаштування притискної сили D1 була на цільовому рівні 7,2 км/год, але стає меншою зі збільшенням швидкості руху. Такий результат вказує на те, що вибране налаштування низької притискної сили може бути достатнім для даного поля при меншій швидкості ґрунту, але може знадобитися додаткове навантаження зі збільшенням швидкості, щоб забезпечити достатнє навантаження сошникового диска для належного проникнення в ґрунт.

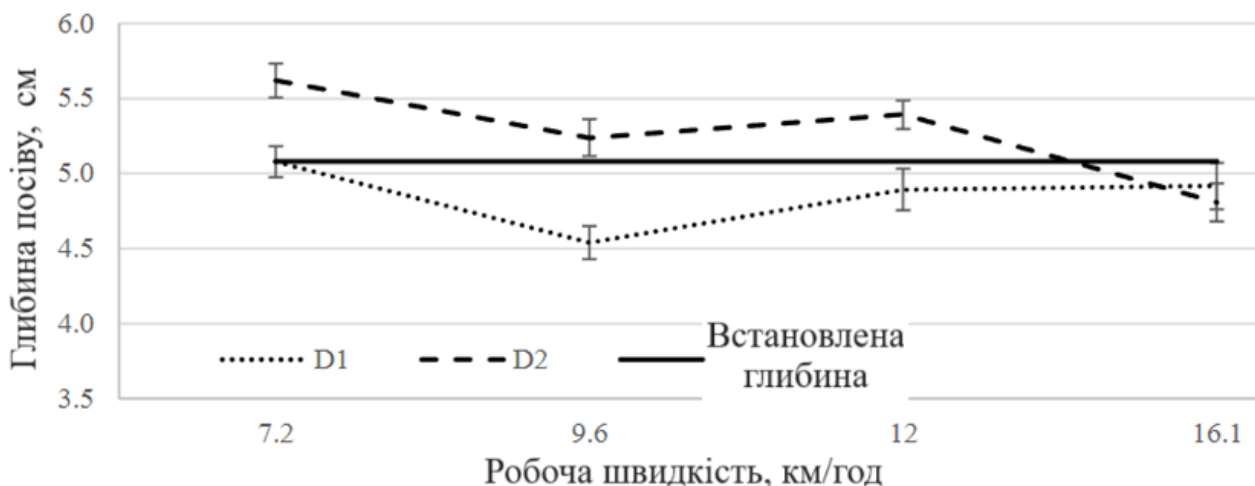


Рис. 13 - Реакція глибини посіву на швидкість ґрунту та налаштування притискної сили на обробленому полі. Смужки похибок вказують на 95% довірчий інтервал для середніх значень

Для обох полів глибина посіву має тенденцію до зменшення при вищій швидкості ґрунту, що вказує на зниження опору коченню, що перешкоджає проникненню диска для розкриття ґрунту на бажану глибину. Такі спостереження були подібні до результатів, опублікованих в [15], припускаючи, що надмірне порушення ґрунту при збільшенні робочої швидкості могло спричинити викидання частини ґрунту за межі лінії борозни, що призвело до мілкішого розміщення насіння. Подібним чином повідомили, що невелика глибина при вищій швидкості може бути пов'язана з нездатністю системи контролю глибини підтримувати цільову глибину борозни, оскільки потреба в тязі зменшується зі збільшенням робочої швидкості.

3.2 Вібрація висівного агрегату та навантаження на колеса

Вібрацію висівного блоку відстежували за допомогою акселерометра, який показує величину переміщення висівного блоку, як показано на рис. 14. Обидва налаштування притискної сили показують майже послідовне застосування НК на всіх швидкостях посіву (рис. 14 і 15).

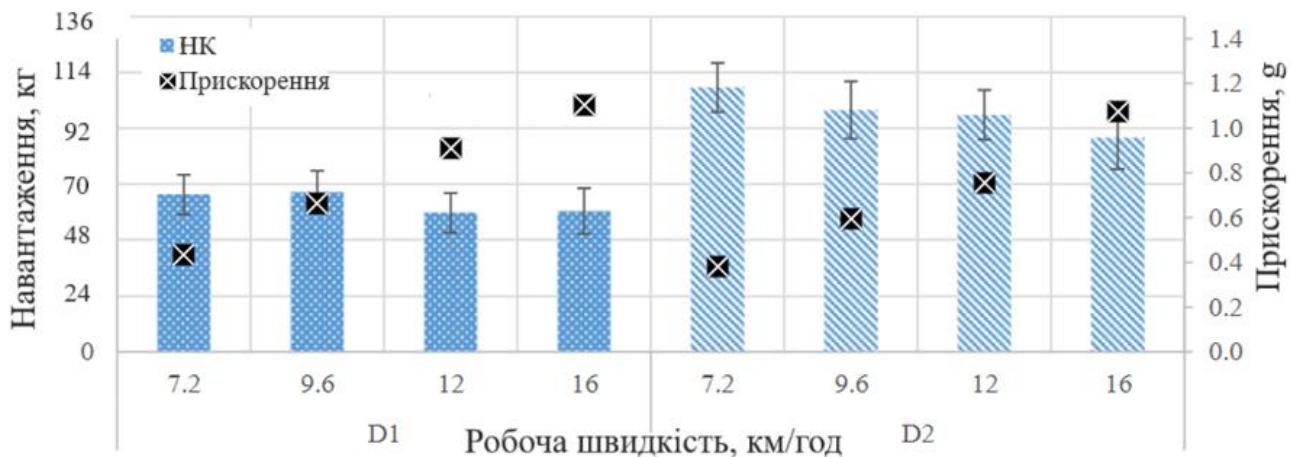


Рис. 14 - НК та прискорення секції при зміні робочої швидкості на обробленому полі. Смуги помилок представляють 95% довірчий інтервал для середніх значень

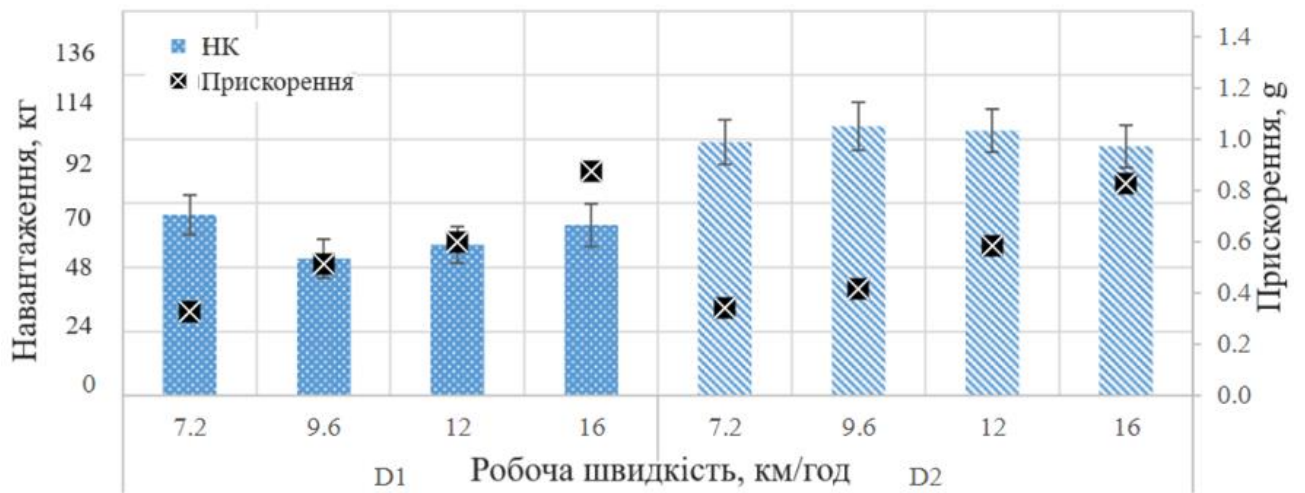


Рис. 15 - НК та прискорення секції при зміні робочої швидкості на полі без обробітку. Смуги помилок представляють 95% довірчий інтервал для середніх значень

У той час як НК залишався відносно однаковим для налаштувань притисної сили D1 і D2 на обох полях, відскок секції збільшувався зі швидкістю руху. Такі результати підтверджують роботу авторів [12], які повідомили, що більш висока швидкість посіву, ймовірно, збільшить вібрацію висівного блоку, спричинену відскоком від поверхні поля, що призведе до збільшення мінливості (коефіцієнта варіації) середніх вимірювань НК. Вібрація дозатора може вплинути на рівномірність розміщення насіння, а зміна навантаження може свідчити про надмірне або недостатнє застосування НК, що може вплинути на глибину посіву. Ці результати свідчать про вибір вищих налаштувань притисної сили при вищій швидкості посіву для впровадження оптимальної величини НК, що може призвести до рівномірного розміщення насіння та глибини посіву.

ВИСНОВКИ

Це дослідження дало наступні ключові результати.

По-перше, відсутність різниці в відстані між налаштуваннями D1 і D2 притискної сили, що відповідає цільовій НК 63 кг і 100 кг. Більша швидкість руху призвела до ширшого розташування рослин на полі без обробітку. В обох полях точність розподілу насіння, виміряна індексом точності, знижується при швидкості 9,6 км/год або більше, що свідчить про те, що розміщення насіння погіршується зі збільшенням швидкості руху. Такий результат може бути наслідком вищої швидкості посіву, що впливає на ефективність висівного блоку, або вібрації, що спричиняє підстрибування насіння вздовж насінневої трубки.

По-друге, налаштування швидкості руху та притискної сили вплинули на глибину посіву. Вибір вищого налаштування притискної сили (D2) при меншій швидкості ґрунту досяг бажаної глибини посіву, але постійно стає мілкішим, оскільки швидкість ґрунту збільшується на полі без обробітку. З низьким вибором притискної сили (D1) глибина посіву була незмінно малою на всіх швидкостях руху. Такі результати вказують на те, що на полі без обробітку необхідна більша притискна сила, особливо при вищій швидкості посіву, що дозволить сошниковим дискам мати достатнє навантаження, щоб подолати опір ґрунту при проникненні в ґрунт і розрізанні пожнивних решток і покривних культур для досягнення бажаної глибини посіву.

Так само вибір більшої притискної сили запобігатиме можливій втраті контакту висівних агрегатів із землею, що могло призвести до меншої глибини посіву. З іншого боку, більша глибина посіву була досягнута при застосуванні високої притискної сили зі швидкістю ґрунту до 12 км/год. Низька притискна сила дозволила досягти цільової глибини посіву за меншої швидкості руху. Нарешті, обидва параметри для двох польових умов показали збільшення відскоку висівного агрегату зі збільшенням швидкості посіву. Такі умови можуть

збільшити вібрацію на пристрої дозування насіння, що може поставити під загрозу здатність пристрою ефективно розділяти насіння.

Результати показують, що налаштування однієї притискної сили може бути невідповідним для різних полів, враховуючи, що умови можуть відрізнятися щодо властивостей ґрунту, кількості решток і покривних культур, що може призвести до достатнього навантаження для одного поля та неадекватного застосування навантаження для іншого поля. Таким чином, правильний вибір налаштування притискної сили для конкретних умов поля необхідний для досягнення рівномірного розміщення насіння, особливо при вищій швидкості руху. Вплив спостережуваної мінливості глибини посіву та відстані між рослинами на врожай буде цікавим аспектом для майбутніх досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Схожість насіння як один із важливих показників [Електронний ресурс] // syngenta.ua. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.syngenta.ua/news/novini-kompaniyi/shozhist-nasinnya-yak-odin-iz-vazhlyvih-pokaznykiv>.
2. Чому необхідно перевіряти схожість насіння перед посівом [Електронний ресурс] // Головне управління Держпродспоживслужби в Черкаській області. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.cherk-consumer.gov.ua/hromadianam/upravlinnia-fitosanitarnoi-bezpeky/novyny-upravlinnia-fitosanitarnoi-bezpeky/1965-chomu-neobkhidno-pereviriaty-skhozhist-nasinnia-pered-posivom>.
3. Полторецький С. П. Оцінка залежності врожайності і показників якості насіння проса залежно від строку та способу сівби / С. П. Полторецький, Н. М. Полторецька. // ВІСНИК Полтавської державної аграрної академії. – 2019. – №4. – С. 29–31.
4. Радіонов Д. Якість висіву соняшнику 94%, або Tempo F — сівалка, яку потрібно розуміти [Електронний ресурс] / Д. Радіонов // Агробізнес сьогодні. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://agro-business.com.ua/2017-09-29-05-56-43/item/11904-yakist-vysivu-sonyashnyku-94protsent-abo-tempo-f-sivalka-iaku-potribno-rozumity.html>.
5. Котигора О. Вплив строків та норм висіву на урожайність соняшника [Електронний ресурс] / О. Котигора // СуперАгроном. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://superagronom.com/articles/484-oleksandr-kotigora-vpliv-stroktiv-ta-norm-visivu-na-urojajnist-sonyashnika>.
6. Сіяти соняшник зі змінною нормою чи ні? Результати досліджу на 50 полях [Електронний ресурс] // Агроном. – 2021. – Режим доступу до ресурсу:

<https://www.agronom.com.ua/siyaty-sonyashnyk-zi-zminnoyu-normoyu-chy-ni-rezultaty-doslidu-na-50-polyah/>.

7. Посів соняшнику на міжряддя 12,5 см [Електронний ресурс] // Агробізнес сьогодні. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://agro-business.com.ua/2017-09-29-05-56-43/item/2355-posiv-sonyashnyku-na-mizhriaddia-12-5-sm.html>.

8. Фактори, які впливають на прибуткове вирощування гібридів кукурудзи [Електронний ресурс] // Seed Ukraine. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://seed-ua.com/ua/factory-yaki-vplyvayut-na-prybutkove-vyroshhuvannya-gibrydiv-kukurudzy/>.

9. Amankulova K., Farmonov N., Mucsi L. Time-series analysis of Sentinel-2 satellite images for sunflower yield estimation, Smart Agricultural Technology, Vol. 3, 2023 DOI:10.1016/j.atech.2022.100098.

10. Налаштування сівалок при проблемах з посівом і глибиною заробки насіння [Електронний ресурс] // Поради від команди DEKALB. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.dekalb.ua/agronomichna-biblioteka/porady-vid-monsanto/nalashtuvannja-sivalok>.

11. Легкодух І. Автоматизовані системи контролю якості сівби для просапних сівалок [Електронний ресурс] / І. Легкодух, Н. Легкодух // Агросеа. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: https://agrosea.com.ua/UKRNIPVT_POGORILOGO/.

12. Процеси, машини та обладнання АПВ [Текст] : навч. посіб. / М. О. Свірень, В. П. Смірнов, І. М. Осипов та ін. - Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2018. - 296 с.

13. Як оцінити якість посіву? Plant Counting: Pogostick та дрони [Електронний ресурс] // aggeek. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://aggeek.net/ru-blog/yak-otsiniti-yakist-posivu-plant-counting-pogostick-ta-droni>.

14. Правильний посів: основні фактори, що впливають на врожайність під час сівби польових культур. [Електронний ресурс] // AgroDay. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://agroday.com.ua/2019/05/14/pravylnyj-posiv-osnovni-factory-shho-vplyvayut-na-vrozhajnist-pid-chas-sivby-polovyh-kultur/>.

15. Морозов І. Фактори ефективності сівалок [Електронний ресурс] / І. Морозов, М. Макаренко // Агробізнес Сьогодні. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <http://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/1138-factory-efektyvnosti-sivalok.html>.

16. Васильченко В. Фактори, які визначають якість сівби [Електронний ресурс] / В. Васильченко, В. Опалко // Агроном. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.agronom.com.ua/factory-yaki-vyznachayut-yakist-sivby/>.

17. Спосіб оцінки точності висіву [Електронний ресурс] / О.Банний, А. Новицький, С. Карабиньош, Ю. Новицький // Пропозиція, № 5. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://propozitsiya.com/ua/sposib-ocinky-tochnosti-vysivu>.

18. Shannon D., Clay E., Kitchen N. (2018). Precision Agriculture Basics. American Society of Agronomy, Incorporated, 230p.

19. Jupp L. (2018). Precision Farming From Above. Writing Matters Publishing, 113 p.

20. Zubko V., Sirenko V., Kuzina T., Onychko V., Sokolik S., Roubik H., Koszelg M., Shchurh T. (2022) Modelling wheat grain flow during sowing based on the model of grain with shifted center of gravity. Agricultural Engineering, Vol. 26 , No 1 , pp. 25-37 DOI: 10.2478/agriceng-2022-0003.

21. Delta Force [Електронний ресурс] // Precision Planting. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.precisionplanting.com/products/product/deltaforce>.

22. Збірник методик з використання машин в землеробстві /За ред. Мельника В. І. – Харків: “Промпроект” – 2020, 257 с.

23. Павлюк І. Вимоги охорони праці при проведенні посівних робіт [Електронний ресурс] / І. Павлюк // Охорона праці і пожежна безпека. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://oppb.com.ua/content/vymogy-ohorony-praci-pry-provedenni-posivnyh-robit>.

24. Безпека працівника під час весняно-польових робіт першочергове завдання роботодавця [Електронний ресурс] // Управління держпраці у хмельницькій області. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <http://km.dsp.gov.ua/news/572-bezpeka-pracvnika-pd-chas-vesnyano-polovih-robt-pershochergove-zavdannya-robotodavcya.html>.

25. Тарельник Н.В. Методичні вказівки до виконання розділу: «Техніко-економічне обґрунтування» магістерської роботи 2м курсу спеціальності 208 Агроінженерія денної і заочної форм навчання . – Суми: СНАУ, 2020. – 26 с.

Додатки