

**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 ефективності застосування елементів систем  
точного землеробства при посіві соняшнику»

Виконав:

\_\_\_\_\_ (підпис)

Бондар С.В.

\_\_\_\_\_ (Прізвище, ініціали)

Група:

СТЗ 2301-1м ВН

(Науковий) керівник:

\_\_\_\_\_ (підпис)

Лебедєв А.Т.

\_\_\_\_\_ (Прізвище, ініціали)

Суми – 2024

## РЕФЕРАТ

Випускна кваліфікаційна робота представлена на 42 сторінках машинописного тексту пояснювальної записки, що містить 5 таблиць, 15 рисунків, додатків 2, 25 літературних джерел.

Ключові слова: ПОСІВ, ЯКІСТЬ, ПОСІВНИЙ АГРЕГАТ, РОБОЧА ШВИДКІСТЬ, РІВНОМІРНІСТЬ ВИСІВУ.

**Об'єктом дослідження** є технологічний процес посіву соняшнику сівалкою точного висіву Vega 8 Profi обладнаною електроприводом висівних апаратів і системою керування і контролю висіву (Electronic Seed Driver, виробництва MC Electronics).

Магістерська робота присвячена дослідженню факторів, що впливають на якісні показники посіву соняшнику сівалкою точного висіву.

**Метою роботи** є визначення впливу на якісні показники посіву соняшнику сівалками точного висіву швидкості руху агрегату, а також оцінка впливу на них системи керування і контролю висіву (Electronic Seed Driver, виробництва MC Electronics).

В роботі проведено огляд літературних джерел по темі досліджень, проведений аналіз досліджень факторів, що впливають на якість посіву, виконані власні дослідження по визначенню швидкісних режимів посівного агрегату при яких забезпечуються агротехнічні вимоги до операцій посіву соняшнику.

## ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Стан питання і задачі досліджень.....	7
1.1 Аналіз досліджень конструкцій просапних сівалок .....	7
1.2 Агротехнічні вимоги до посіву просапних культур.....	16
1.3 Вплив якісних показників посіву на врожайність культур.....	19
2 Аналіз досліджень факторів, що впливають на якісні показники роботи сівалок точного висіву.....	23
3 Експериментальні дослідження факторів, що впливають на якісні показники роботи сівалок точного висіву.....	28
3.1. Будова та особливості застосування сівалки Vega 8 Profi.....	28
3.2 Умови проведення випробувань.....	30
3.3 Програма та методика експериментальних досліджень.....	31
3.4 Аналіз показників роботи висівних апаратів на стендових випробуваннях.....	33
3.5 Аналіз результатів польових випробувань сівалки.....	34
Загальні висновки.....	38
Список використаних джерел.....	39

## 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 насіннєпроводам 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 досліджень 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 просапної сівалки є насіннепровод 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.

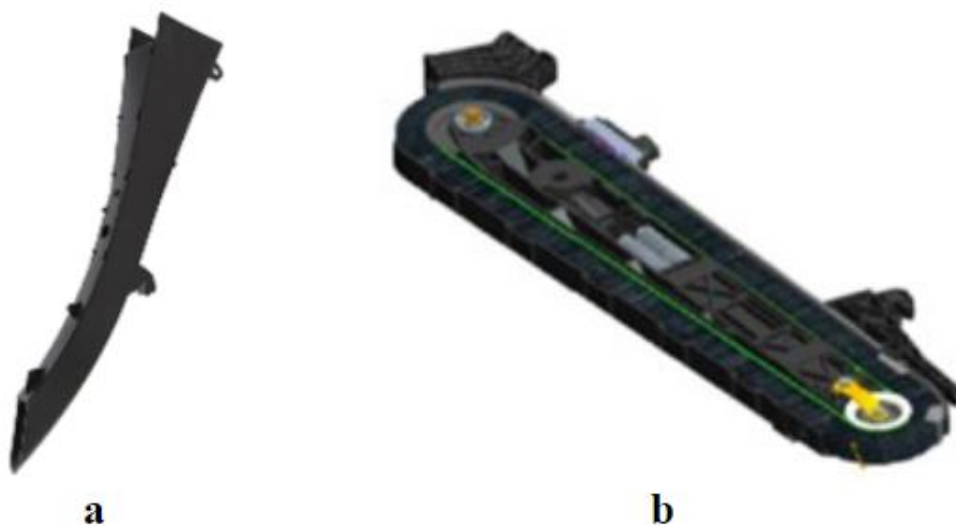


Рис. 3 - Насіннепроводи гравітаційного типу (а) та насінневого стрічкового конвеєра (б).

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.

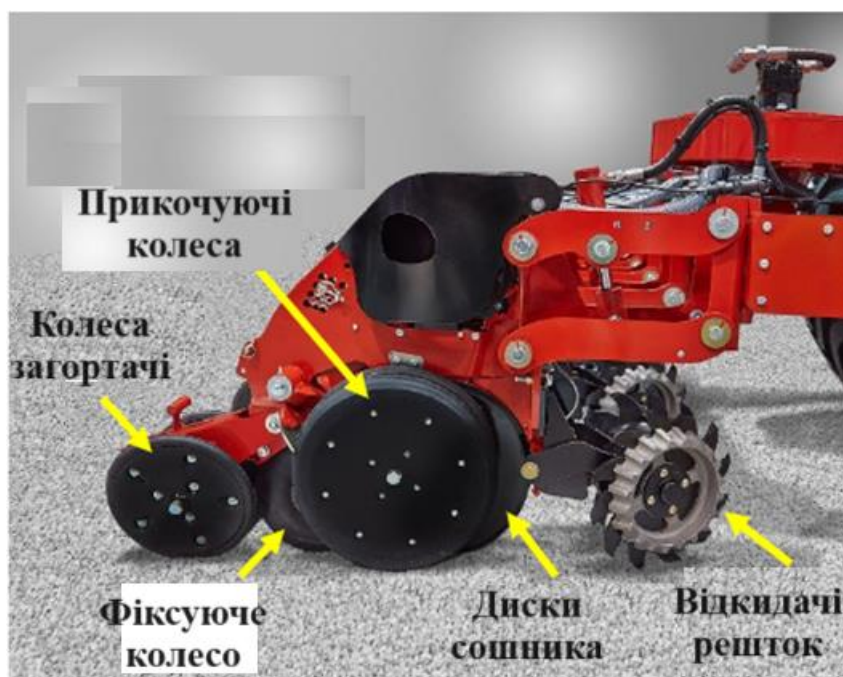


Рис. 4 - Основні вузли сівалки

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.

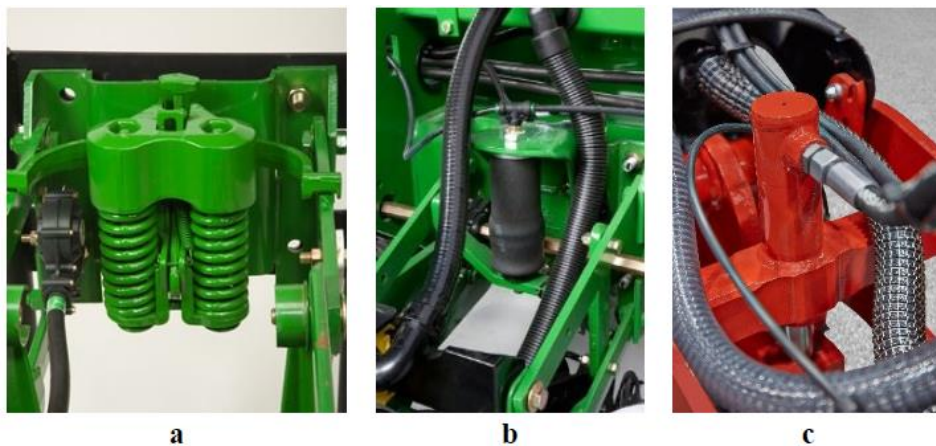


Рис. 4 - Системи притискної сили сівалки (а) механічні (б) пневматичні та (в) гідравлічні

#### *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 б) 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 с) 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 посадки 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 посадки. 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.

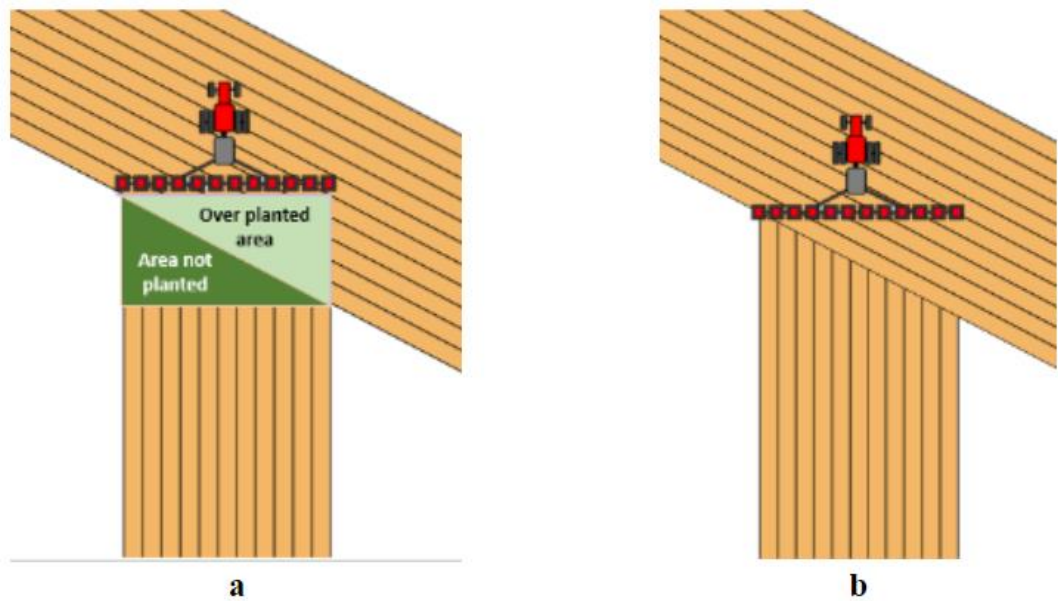


Рис. 4 - Ручне керування секціями (а). Автоматичне керування секціями (б) окремих рядків



Рис. 5 - 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. Посадка 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 Агротехнічні вимоги до посіву просапних культур**

На відміну від зернових колосових просапні культури висівають або квадратно-гніздовим, або пунктирним способом. Спосіб сівби визначає специфіку агротехнічних вимог. Додаткові агротехнічні вимоги до посіву просапних зводяться до наступного:

1. Відхилення глибини загортання насіння соняшнику від заданої не повинно перевищувати відповідно  $\pm 1,0$  і  $\pm 1,5$  см.

2. Допустимі відхилення: ширини основних міжрядь не більше  $\pm 1,0$  см, ширини стикових міжрядь не більше  $\pm 5,0$  см.

3. При квадратно-гніздовому посіві в гніздо вноситься певна кількість насіння: 2 ... 3 при посіві соняшнику, 3 ... 4 при посіві баштанних культур, 4 ... 5 при посіві бобів бавовнику. Розтягнутість окремих гнізд не повинна перевищувати 10см.

4. При пунктирному посіві задану кількість насіння на 1 га має бути на 30% більше. Відхилення від розрахункового інтервалу між зернами в рядку не більше  $\pm 30\%$ . Кількість зерен з зазначеним допустимим відхиленням від загального числа не менше 85%.

5. Прямолінійність поздовжніх, а для квадратно-гніздового способу і поперечних рядів. Відхилення центрів гнізд від осі поперечних рядів на довжині, що дорівнює трьом суміжним захопленням агрегату, не більше  $\pm 7\%$ .

6. Ширина захвату посівного агрегату повинна бути дорівнює або в ціле число разів більше ширини захоплення агрегату для міжрядної обробки посівів.

7. Відхилення норми висіву насіння: кукурудзи - не більше  $\pm 5 \dots \pm 8\%$ , соняшнику - не більше  $\pm 5\%$ . Відхилення норми одночасно внесених добрив не більше  $\pm 10\%$ .

При першому проході агрегату перевіряють фактичну глибину загортання насіння, при другому і наступних проходах - норму висіву насіння, добрив, гербіцидів, рівномірність висіву окремими секціями і виліт маркерів. Приймальний контроль і оцінку якості роботи посівних агрегатів проводять після появи сходів. Основними оціночними показниками є дотримання норми висіву, глибини загортання насіння і прямолінійність рядків в поперечному напрямку, що виражається довжиною гнізд і величиною уступів рядків гнізд в суміжних проходах агрегатів. Крім цього враховується ширина основних і стикових міжрядь.

Посів і посадку просапних культур проводять в оптимальні для культури агротехнічні терміни в досить прогрійтий ґрунт. Підготовлене до

посіву або посадки поле повинно бути вирівняним: високі звальним гребені (більше 5 см) і глибокі розвальний борозни (більше 10 см) відсутні [11, 12].

Одночасно з посівом (посадкою) в рядки вносять мінеральні добрива. Необхідно сіяти каліброваними, обробленими пестицидами насінням. Насіння при посіві та посадці повинні бути рівномірно розподілені і повністю забиті на задану глибину по всій площі. Насіння повинні розташовуватися прямими рядами з однаковою шириною міжрядь.

Контроль якості посіву проводять щозміни (повсякденний контроль) і при остаточному прийнятті посівів.

Повсякденний контроль здійснюють механізатори, сіячі і агроном господарства за такими показниками: дотримання норми висіву; ширина стикових міжрядь; глибина загортання насіння; робота висівних апаратів.

Глибину посіву визначають по розкритим борозенками відповідно до прийнятої методики.

Глибина посіву не повинна відхилятися від заданої величини більш ніж на 1,5-2 см.

Ширину стикових міжрядь вимірюють відповідно до методики, прийнятої для оцінки якості посіву зернових культур.

Контроль норми посіву насіння можна проводити різними методами. Однак більш часто використовують наступний спосіб. В одному або декількох проходах агрегату розкривають всі рядки на 1 м і підраховують знайдені в борозенці насіння. Помноживши середню кількість насіння на перекладної коефіцієнт, отримують норму висіву.

Норма висіву повинна дорівнювати розрахунковій або трохи перевищувати її.

При цьому густоту стояння рослин доцільно підраховувати не на площі, а на протяжності (м) рядка. При ширині міжрядь 45, 60, 70, 90 см рослини підраховують відповідно на 22,2; 16,7; 14,3; 11,1 м рядка, так як число рослин на зазначених відрізках рядка буде чисельно дорівнює густині стояння рослин (тис. шт / га).

### **1.3 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 залишилося 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.

**Мета дослідження:** є визначення впливу на якісні показники посіву сівалкою точного висіву швидкості руху агрегату, а також оцінка впливу на них системи керування і контролю висіву (*Electronic Seed Driver, виробництва MC Electronics*).

**Об'єктом дослідження** є технологічний процес посіву соняшнику сівалкою точного висіву *Vega 8 Profi* обладнаною електроприводом висівних апаратів і системою керування і контролю висіву (*Electronic Seed Driver, виробництва MC Electronics*).

**Висновки до розділу I** Здійснюючи вибір типу посівних машин та їхніх параметрів, слід зважати на цілий комплекс чинників, зокрема, глибину посіву, тип ґрунту, вологість, засмічення бур'янами, наявність рослинних решток, ширину міжрядь тощо оскільки вони мають істотний вплив на якість та енергоємність посіву.

На основі отриманих даних було прийнято рішення провести дослідження впливу на якісні показники посіву сівалками точного висіву швидкості руху агрегату, а також оцінку впливу на них системи *Electronic Seed Driver, виробництва MC Electronics*.

## **2 АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ СІВАЛОК ТОЧНОГО ВИСІВУ**

Під час проведення посіву культур головне місце займає точність виконання даної операції, особливо важливим це є для просапних культур. Під терміном точність висіву розуміють оптимальне розташування посівного матеріалу як по площі, так і по глибині поля.

За рівномірне розміщення насіння відповідають сошникові і прикочуючі робочі органи, а за рівномірність його розподілу вздовж рядка відповідають, в першу чергу, висіваючий апарат, насіннепроводи і напрямні сошники. Розташування насіння в рядку є результат їх спільної дії. На точність посіву впливають закладені в посівну машину особливості конструкції, які визначають будову висіваючого апарату, насіннепроводів і напрямних сошників. Важливим фактором для ефективно розробки вказаних вузлів є визначення способу оцінки точності розподілу насіння в рядку.

У багатьох наукових роботах було запропонована оцінка рівномірності посіву як точність в розподілі насіння вздовж напрямку руху. Для цього довільну довжину рядку поділяють на окремі подільники з певною кількістю насіння, що потрапили в них. Окремо рахують відносну кількість насіння на всій ділянці. Такий підхід дозволяє кількісно оцінити якість роботи висівних апаратів, проводити порівняння за цим показником, проте вона достатньо складна для швидкої оцінки якості висіву в польових умовах.

Подібну методику до визначення точності посіву застосовували під час дослідів на початку 1980-х, де також вдавалися до критичного оцінювання можливостей методу з позицій відсутності чітких граничних значень параметрів. Зазначалося, що в польових умовах доцільно давати кількісну оцінку точності посіву безпосередньо по сходам з подальшою статистичною обробкою результатів вимірювань. Зазначену методику підтримали економісти. Для більш об'єктивної оцінки рівномірності розподілу насіння

по полю запропонували дотримуватися двомірного закону, який враховує відхилення не тільки уздовж руху сівалки точного висіву, але і відхилення в поперечному напрямку. Безумовно, така оцінка була б більш об'єктивною, але введення двомірного закону очевидно доцільно для опису кінцевого результату розподілу висіяних насіння по полю, і не є необхідною для оцінки роботи тільки висівного апарату. У той же час використання такого підходу не сприймали в умовах виробництва [10].

У роботах вчених-аграріїв Харківського НТУСГ справедливо було зазначено, що посів насіння є, в принципі, випадковим процесом, який залежить від багатьох чинників як внутрішньої будови і роботи висівного апарату, так і від чинників зовнішнього впливу умов експлуатації сівалки точного висіву[11]. В цілому відстані між насінням в ряду випадкові, їх можна охарактеризувати на основі статистичних закономірностей розподілу цих величин. В результаті для опису точності посіву виділяються параметри математичного очікування і дисперсії з урахуванням швидкості руху сівалки, часових проміжків між викиданням насіння апаратом, а також відхилення насіння від точок викиду. Такий підхід полягає в комплексній оцінці точності висіву. Але встановлені функціональні залежності між параметрами внутрішньої структури висіваючої системи і вихідними параметрами її роботи відкривають можливість порівняльної оцінки дозуючих систем, що відокремлюють окремі насіння із загальної маси. Кількісна характеристика поняття точності висіву була запропонована на початку 1990-х. Під «точністю» слід розуміти такий посів, коли інтервали між насінням розподіляються відповідно до нормального закону, з параметрами  $x$  та  $2b$ . При цьому середнє значення інтервалу повинна відповідати умові  $x \geq 6b$ . Тоді коефіцієнт варіації не перевищує  $\leq 16,7\%$ .

Для оцінки роботи апаратів вводять поняття ймовірності точності висіву, що є ймовірністю умов:

- присмоктуються отвори будуть заповнені насінням;
- в кожному отворі буде по одному насінню;

- відхилення висіваючих насіння від розрахованої точки висіву не повинно перебільшувати крок (інтервал) висіву.

В окремих дослідженнях основна увага при вивченні точності посіву приділяють безпосередньо розташуванню насіння в борозні як кінцевого результату. Момент скидання насіння дозуючим елементом розглядають як випадковий. Виходячи з цього, траєкторію руху зерен до поверхні поля також потрібно розглядати як випадкові процеси, які породжують відхилення в розташуванні насіння вздовж ряду. У цьому випадку, як і в багатьох інших дослідженнях, в основу оцінки точності посіву покладені числові статистичні характеристики інтервального розподілу насіння. Встановлюються середні значення інтервалів їх дисперсії.

Рівномірність формування зернового потоку залежить від багатьох факторів впливу. Перш за все слід виділити такі важливі складові, як початкова швидкість скидання насіння і момент часу їх відділення від присмоктується осередки. У свою чергу, ці характеристики визначають як по геометричним параметрам, так і за формою насіння висіваються. Тобто в будь-якому випадку початкові параметри формування потоку насіння мають випадковий характер, а отже розподілені певним чином, відповідно до статистичних законів з його кількісними характеристиками.

Важливо вплив кінематичних режимів дозування на точність виконання посіву. Зафіксовано, що, крім зазначених факторів впливу на точність висіву, важливу роль відіграє розкочування окремих насіння по дну борозни. Це стало однією з причин того, що сівалки точного висіву не виконують нормативів точності висіву, а для насіння кукурудзи 90% норми виконання точності висіву вона фактично полягає лише на третину [9].

Точність розташування насіння вздовж ряду істотно залежить від швидкості руху посівного агрегату. При швидкостях, що перевищують 0,3 м / с, існуючі апарати значно погіршують точність дозування насіння і потребують удосконалення конструктивних рішень, спрямованих на зниження ступеня відмов типу пропусків і двійників.

Вчені Центрально НТУ акцентують увагу на тому, що неоптимальний режим роботи висівного апарату пов'язаний зі зміною норм висіву насіння і швидкості апарату сівалки точного висіву. Встановили, що при посіві насіння цукрових буряків норми посіву її змінюються від 8 до 25 шт / м і більше, в залежності від якості і схожості насіння, фізико-технологічних властивостей поля тощо. Автори досліджень зазначають, що швидкість руху сівалки точного висіву при цьому може змінюватися від 4,5 до 9 км / год, а коливання мінімальної і максимальної швидкості диска відбувається в межах 0,188 ... 0,751 м / с, що може впливати на якісні показники висіву насіння.

У той же час у багатьох літературних джерелах містяться підтвердження, що оптимальними швидкостями для нормальної роботи висівальних апарату є швидкість диска в межах 0,24 ... 0,36 м / с. Для забезпечення оптимальних режимів роботи апарату вчені розробили номограму, яка дозволяє легко підібрати по заданій нормі висіву  $Q$ , шт / м посівні диски і швидкість руху сівалки. Були розглянуті посівні диски відповідно з 30-ю і 47-ю осередками. Така номограма дозволила вибрати раціональну швидкість сівалки (в межах від 3 до 9 км / ч) в залежності від норми висіву і прийнятого диска. Зазначені рекомендації дозволили підвищити Агротехнічні допустиму швидкість агрегату, підвищити її продуктивність і забезпечити точність посіву [7].

Результат висіву розташування рослин уздовж ряду залежить від багатьох факторів, його пропонують оцінювати коефіцієнтом варіації.

Очевидно цей безрозмірний показник, що враховує як середнє значення величини, так і середнє її відхилення, найбільш об'єктивно оцінює точність виконання процесу і може бути застосований для порівняльної оцінки роботи апаратів. Однак було доведено, що величина коефіцієнта варіації залежить від залікової довжини поля, де проводять дослідження. Це створює додаткові умови для проведення дослідів і знижує узагальненість використання цього параметра для оцінки якості посіву.

Вплив точності посіву на врожайність встановлено на прикладі цукрових буряків. Так, згідно з даними багатьох досліджень, збільшення коефіцієнта варіації в п'ять разів (від 0,25 до 1,25) призводить до зменшення врожайності на 160 ц/га. У той же час встановлено, що основною причиною недостатньої точності висіву є робота висівного апарату, при формуванні потоку зерен дає пропуски і двійники. Таким чином поліпшення якості виконання посіву насамперед пов'язано з удосконаленням самого посівного апарату як дозирующей технічної системи, яка виконує основну операцію відділення насіння від загальної маси і формування з них регулярного безперервного потоку [8].

Вплив швидкості руху сівалки на якість (точність) виконання посіву вивчали всебічно в дослідженнях вітчизняних і вчені близького зарубіжжя. Можна вважати встановленим фактором, що зі збільшенням швидкості при 2 м/с точність виконання посіву істотно знижується. Усунення зазначеної закономірності можливо за рахунок вдосконалення системи дозування посівного апарату. Особливо це важливо для сучасних умов ведення землеробства, коли простежується загальна тенденція збільшення продуктивності ведення робіт і скорочення термінів їх виконання [4, 3].

Для підвищення точності дозування пропонують ввести додаткову операцію попередньої орієнтації насіння перед захопленням їх осередком. Оцінку здійснюють за середньоарифметичним значенням інтервалів між насінням, середньоквадратичним відхиленням інтервалів від середнього значення і за коефіцієнтом варіації. Очевидно, такий підхід найбільш сприйнятливий для оцінки точності висіву. Незважаючи на те, що він більш громіздкий для вимірювання, але його використання доцільне при проведенні наукових досліджень і порівняно роботи різних апаратів (особливо при посіві насіння різних культур).

## З ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СІВАЛКИ ТОЧНОГО ВИСІВУ

### 3.1 Будова та особливості застосування сівалки Vega 8 Profi

Пневматична сівалка Vega 8 Profi (рис. 6) призначена для точного висіву за мінімальною і традиційною технологіями обробітку. Забезпечує посів насіння кукурудзи, соняшнику, сої та інших просапних культур з одночасним внесенням мінеральних добрив і коткуванням ґрунту в засіяних рядках.



Рис. 6 - Загальний вигляд сівалки універсальної пневматичної «Vega-8» з електроприводом висівних апаратів: 1 - маркер; 2 - опорно-приводне колесо; 3 – посівна секція; 4 - туковисівна система; 5 - вентилятор; 6 - вал карданний; 7 - рама; 8 - вантаж; 9 - транспортний пристрій

Агрегатується сівалка «Vega 8 Profi» з тракторами потужністю від 105 к.с.

Представлена для даних випробувань сівалка «Vega 8 Profi» складалася з рами, восьми посівних секцій, туковисівної системи, вентилятора, карданного вала, двох опорно-приводних коліс, чотирьох опорних коліс, сніці, транспортного пристрою, маркерів, гідросистеми, електропривода висівних апаратів і системи керування і контролю висіву (Electronic Seed Driver, виробництва MC Electronics).

Рама виконана з квадратного бруса і призначена для встановлення на ній робочих органів, приводних коліс, опорних коліс, механізмів, транспортного засобу і маркерів.

Таблиця 1

Технічні параметри сівалки «Vega 8 Profi» з електроприводом

Показник	Значення показника за даними випробувань
Тип	напівпричіпна
Тип висівного апарата	пневматичний
Робоча ширина захвату, м	5,6
Ширина міжрядь, см	70
Кількість посівних секцій, шт	8
Габаритні розміри сівалки, мм:	
- в робочому положенні (без врахування вильоту маркерів), мм:	
- довжина	4250
- ширина	7540
- висота (по вентилятору)	1500
Дорожній просвіт, мм	300
Маса сівалки, кг	2760

Посівна секція призначена для забезпечення процесу висіву насіння: формування посівного ложа, висіву насіння і прикочування ґрунту.

Посівна секція складається з висівного апарата з бункером для насіння, паралелограмного механізму секції, дводискового сошника, насіннепроводу, двох опорно-копіювальних котків з механізмом регулювання глибини висіву, V-подібного прикочувального котка з механізмом регулювання тиску на ґрунт.

Висівний апарат складається з литого корпусу, шарнірно-з'єднаної з ним кришки, прокладки, висівного диска, мішалки. двох скидачів зайвого насіння.

Електропривод висівних апаратів складається з 8-ми електродвигунів, по одному на кожну посівну секцію, та електрокабелів під'єднання електродвигунів до системи керування і контролю висіву. Для живлення електродвигунів на сніці сівалки встановлений генератор, який подає на

електродвигуни напругу 12В. Генератор приводиться в дію від карданного вала трактора.

### 3.2 Умови проведення випробувань

Випробування проводили на дослідному полі СНАУ після культивації за температури повітря 16°C та його відносної вологості 70%, швидкості вітру 3 м/с і напрямку руху вітру відносно руху машини 75 град. Рельєф території – рівнинний, мікрорельєф – вирівняний.

Під час випробувань Vega 8 Profi працювала в агрегаті з трактором John Deere 6195 M.

Випробування сівалки «Vega 8 Profi» з електроприводом висівних апаратів проводились на сівбі соняшнику в оптимальні агротехнічні строки. Проводячи агротехнічне оцінювання, визначили висівну здатність сівалки та основні агротехнічні показники. Показники умов випробувань приведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Показники умов випробувань

Показник	Значення показника заданими випробувань
Місце випробувань	дослідне поле Сумського НАУ
Марка машини	Vega 8 Profi
Культура	Соняшник
Маса 1000 шт насіння, г	56,2
Вологість насіння, %	10,2
Тип ґрунту та назва по механічному складу	чорнозем важкосуглинковий
Рельєф	рівний
Мікрорельєф	вирівнений
Вологість ґрунту, %, по прошарках, см. від 0 до 5 вкл.	34,9
більше 5 до 10 вкл	37,56
Глибина розпушеного шару ґрунту: - середня, см	6 - 8
Кількість рослинних залишків, шт./м <sup>2</sup>	21
Маса рослинних залишків, г/м <sup>2</sup>	25,0
Попередній обробіток	культивуація на 6-8см

### 3.3 Програма та методика експериментальних досліджень

При роботі посівної машини ми досліджували значення таких показників: рівномірність глибини закладання насіння, відстань між зернинами, рівномірність роботи висівних апаратів, середній інтервал посіву, відсоток забезпечення належного інтервалу при трьох різних швидкостях руху агрегату [14].

Для кожної культури вимірювання показників якості проводили при робочих швидкостях агрегату 1,67 м/с, 2,5 м/с та 3,33 м/с. Норму висіву соняшнику встановлювали 45 тис. шт./га. Отже інтервали між рослинами при даній нормі мають бути 32,33 см. Проводили два типи випробувань: спочатку стендові випробування з симулюванням необхідної швидкості, а потім польові.

Під час досліджень для замірів показників нами використовувались лінійка і рулетка. Показники і способи їх заміру наведені в таблиці 3 та на рис. 7 та рис. 8.

Таблиця 3

Контрольовані показники на посіві зернових культур

Показник	Кількість замірів	Прилад або пристосування	Спосіб заміру
Глибина посіву насіння, мм	Не менше 5	Лінійка	Розкопували рядки по ширині захвату та приставляючи лінійку визначали
Відстань між насінинами в рядку, мм	Не менше 5	Рулетка	Розкопували рядки по ширині захвату та клали рулетку вздовж рядка



Рис. 7 - Визначення відстані між насіннями в рядку



Рис. 8 - Визначення глибини посіву

### 3.4 Аналіз показників роботи висівних апаратів на стендових випробуваннях

На рис. 9 показано, як змінювалося відхилення фактичної норми висіву зі зміною робочої швидкості агрегату при посіві соняшнику. Найгірша точність посіву 3,4 % була зафіксована при швидкості руху агрегату 3,33 м/с, а найкраща при швидкості 1,67 м/с (0,6%). Дослід продемонстрував, що відхилення від заданої норми висіву зростає (якість дозування погіршується) зі збільшенням швидкості руху.

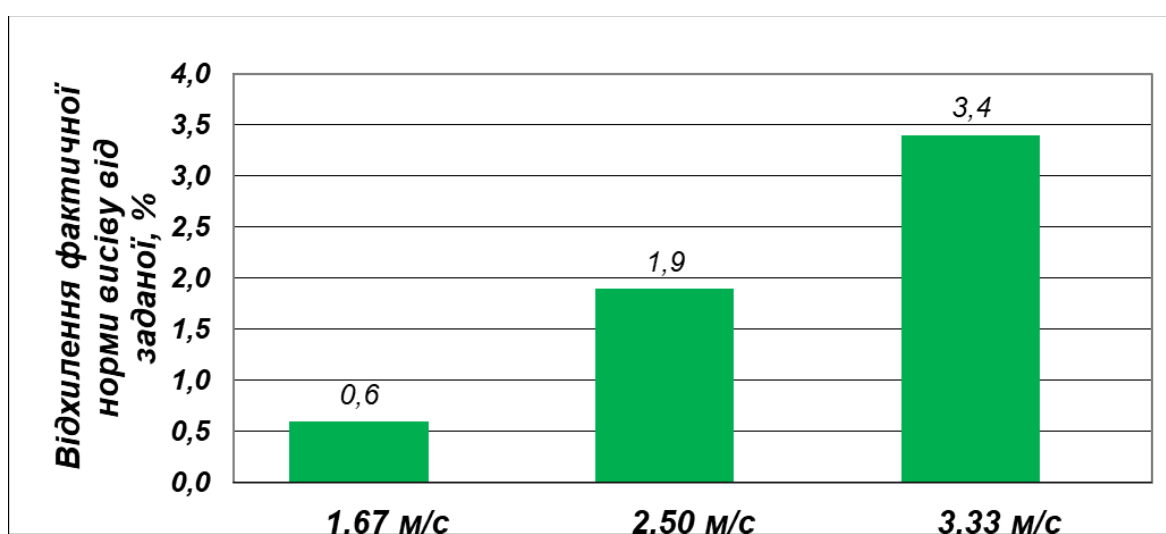


Рис. 9 - Залежність відхилення фактичної норми висіву від робочої швидкості

На рис. 10 показано, як змінювалося нерівномірності висіву між апаратами зі зміною симульованої робочої швидкості посівного агрегату. Дослід продемонстрував, що нерівномірність висіву між апаратами зростає зі збільшенням швидкості руху. Найбільше значення 2,5 % було зафіксоване при симульованій швидкості руху агрегату 3,33 м/с, а найменше при швидкості 1,67 м/с (0,5%). Це може бути обумовлено як недостатньою точністю налаштувань висівних апаратів, так і якістю виготовлення цих вузлів.

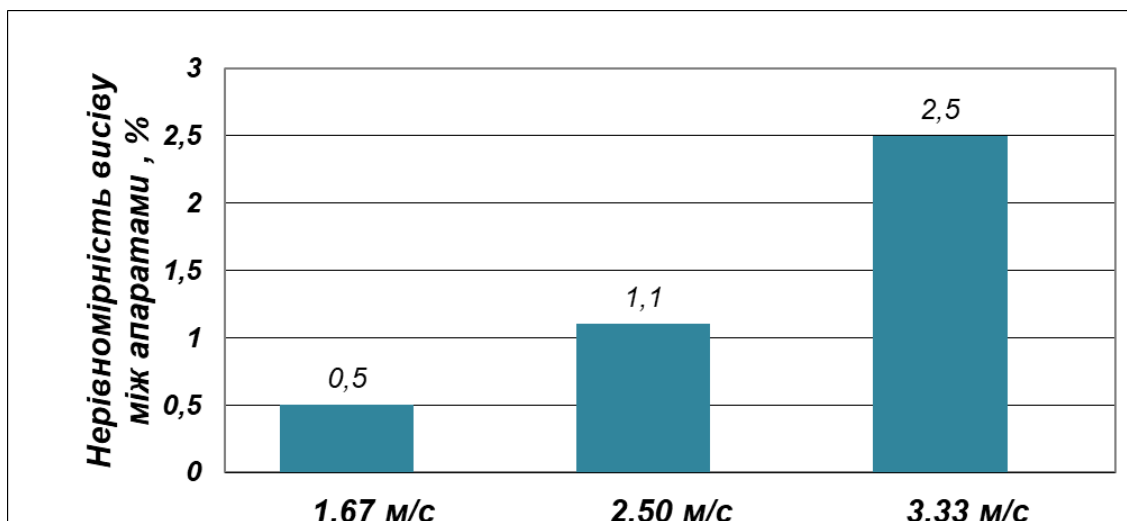


Рис. 10 - Залежність нерівномірності висіву між апаратами від робочої швидкості

### 3.5 Аналіз результатів польових випробувань сівалки

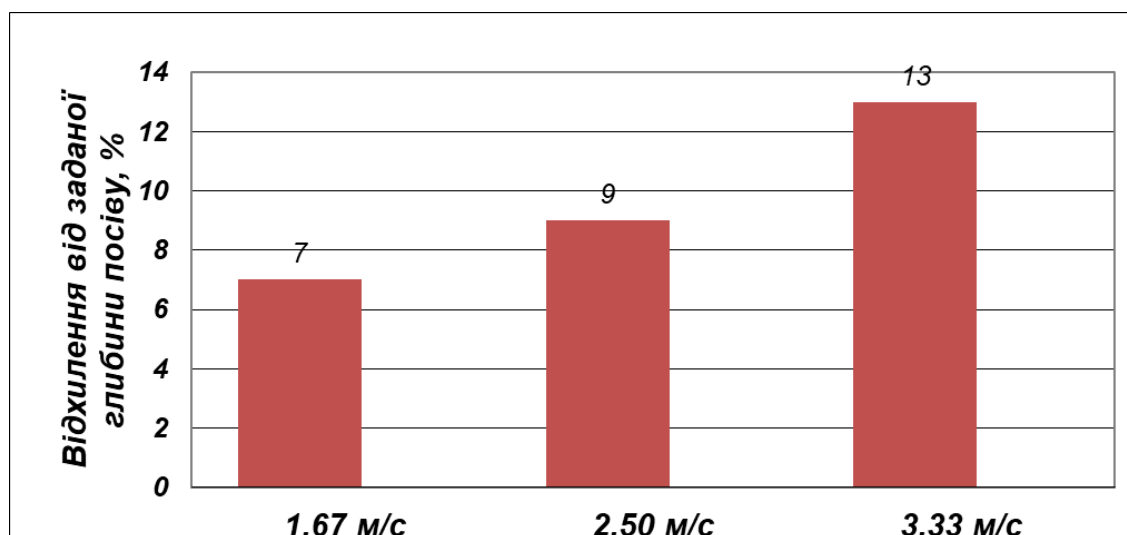


Рис. 11 - Залежність відхилення заданої глибини посіву соняшнику від робочої швидкості агрегату

Рис. 11 демонструє, як змінювались значення відхилень від встановленої нами глибини посіву соняшнику залежно від швидкості руху сівалки. З діаграми видно, що отримані значення величин відхилень зростали зі зростанням швидкості руху. Найбільший показник відхилення 13% було отримано при швидкості руху посівного агрегату 3,33 м/с, а при швидкості 1,67 м/с значення відхилення було найменшим 7%.

На рис. 12 показано, як змінювалося відхилення фактичної норми висіву зі зміною робочої швидкості агрегату при посіві соняшнику. Найгірша точність 6,2 % була зафіксована при швидкості руху агрегату 3,33 м/с, а найкраща при швидкості 1,67 м/с - 1,7%. Діаграма демонструє, що отримані значення величин відхилень зростали зі зростанням швидкості руху.

На рис. 13 показано, як змінювався відсоток забезпечення належного інтервалу між насінинами в рядку в залежності від швидкості руху агрегату. З діаграми видно, що значення відсотку належного інтервалу зменшувались зі збільшенням швидкості руху агрегату.

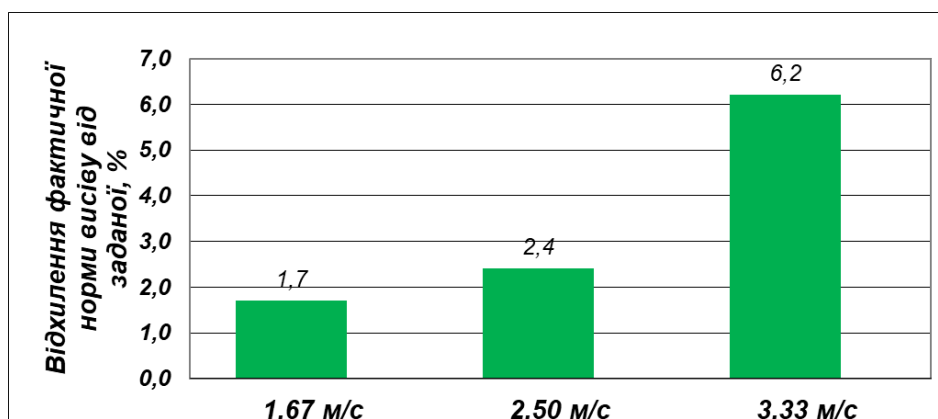


Рис. 12 - Залежність відхилення фактичної норми висіву від робочої швидкості агрегату

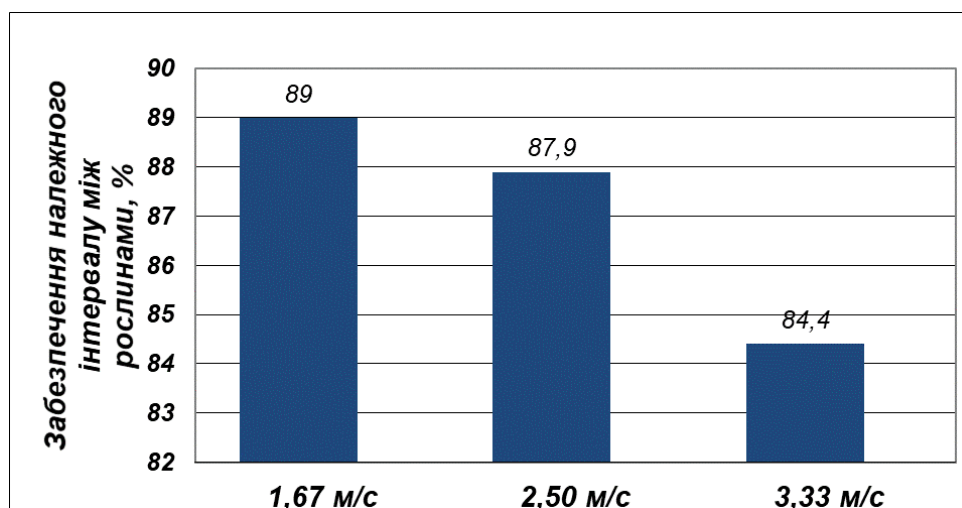


Рис. 13 - Відсоток забезпечення належного інтервалу між рослинами при посіві соняшнику

Найгірша точність 84,4% була зафіксована при швидкості руху агрегату 3,33 м/с, а при швидкості 1,67 м/с значення відсотку було найбільшим при 89%. З діаграми видно, що отримані показники забезпечення належного інтервалу погіршувались зі зростанням швидкості руху.

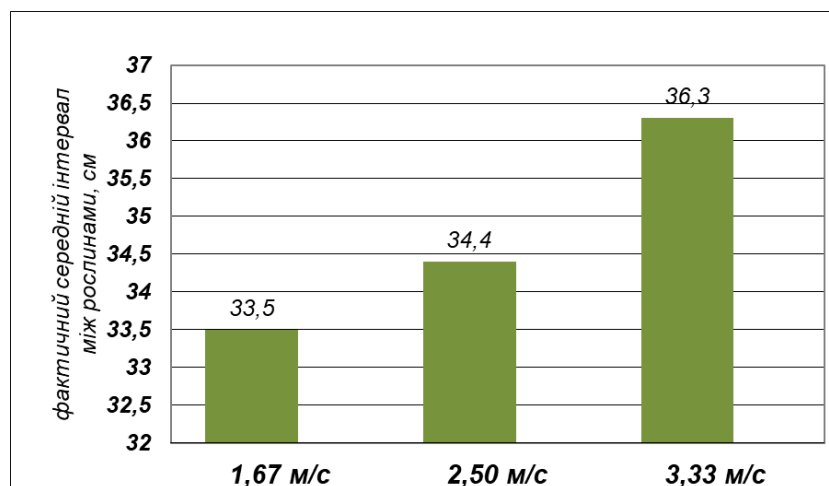


Рис. 14 - Зміна середнього інтервалу між рослинами при посіві.

На рис. 14 показано, як змінювалося значення середнього інтервалу між насінинами в рядку в залежності від швидкості руху агрегату. З діаграми видно, що значення середнього інтервалу зростало зі збільшенням швидкості руху агрегату. Найбільші значення середнього інтервалу (36,3 см) були зафіксовані при швидкості руху агрегату 3,33 м/с, а при швидкості 1,67 м/с були найменшими (33,5 см). Зростання швидкості призводило до збільшення середнього значення відстані між насінням в рядку.

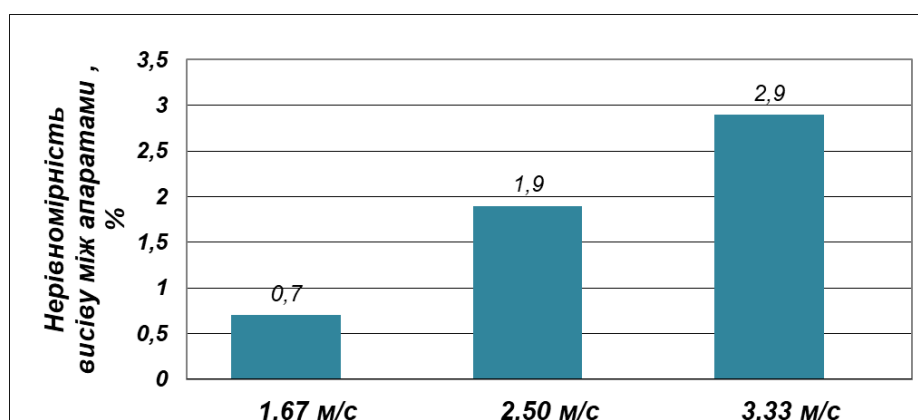


Рис. 15 - Залежність нерівномірності висіву між апаратами від робочої швидкості

На рис. 15 показано, як змінювалася в польових умовах нерівномірність висіву між апаратами зі зміною робочої швидкості посівного агрегату. Дослід продемонстрував, що нерівномірність висіву між апаратами зростає зі збільшенням швидкості руху. Найбільше значення 2,9 % було зафіксоване при швидкості руху агрегату по полю 3,33 м/с, а найменше при швидкості 1,67 м/с (0,7%). Слід зазначити, що в порівнянні з стендовими випробуваннями значення цих показників при роботі в полі дещо зросли.

### **Висновки до розділу III**

Аналіз експериментальних даних дав можливість визначити оптимальні параметри швидкості руху посівного агрегату при яких можливо виконати технологічний процес сівби соняшнику з забезпеченням максимальних значень якісних показників.

Так нами було визначено, що найбільш оптимальним діапазоном швидкостей при посіві соняшнику, для наших умов з нормою висіву 45 тис.шт/га є 1,67 – 2.5 м/с. Збільшення робочої швидкості призводило до погіршення всіх досліджуваних показників якості і на швидкості 3,33 м/с всі вони виходили за межі агровимогого до посіву.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Здійснюючи вибір типу посівних машин та їхніх параметрів, слід зважати на цілий комплекс чинників, зокрема, глибину посіву, тип ґрунту, вологість, наявність рослинних решток, особливості сорту тощо, а також слід враховувати неоднорідність ґрунтових умов в межах одного поля.

Аналіз експериментальних даних дав можливість визначити оптимальні параметри швидкості руху посівного агрегату при яких можливо виконати технологічний процес посіву соняшнику з забезпеченням максимальних значень якісних показників.

Так нами було визначено, що найбільш оптимальним діапазоном швидкостей при посіві соняшнику, для наших умов з нормою висіву 45 тис.шт/га є 1,67 – 2.5 м/с. Збільшення робочої швидкості призводило до погіршення всіх досліджуваних показників якості і на швидкості 3,33 м/с всі вони виходили за межі агровимогого до посіву.

## 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-pokaznikiv>.
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://agrobusiness.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-strokov-ta-norm-visivu-na-urojajnist-sonyashnika>.
6. Сіяти соняшник зі змінною нормою чи ні? Результати дослідів 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://agrobusiness.com.ua/2017-09-29-05-56-43/item/11904-yakist-vysivu-sonyashnyku-94protsent-abo-tempo-f-sivalka-iaku-potribno-rozumity.html>.

business.com.ua/2017-09-29-05-56-43/item/2355-posiv-soniashnyku-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/](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. Карабиньощ, 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