

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломного проекту

ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

**Удосконалення використання техніки при вирощуванні соняшнику з
розробкою операційної технології сівби**

Виконав: студент 4 курсу, групи АІ-3-22 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Моїсеєнко Максим Юрійович

Керівник: _____ Кабат Олег Станіславович

Рецензент: _____

Дніпро – 2026

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ЕМТП

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Деркач О.Д.

(підпис)

прізвище, ініціали

«05» травня 2026 р

З А В Д А Н Н Я НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ

Моїсеєнко Максим Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: Удосконалення використання техніки при вирощуванні соняшнику з розробкою операційної технології сівби

керівник проєкту Кабат Олег Станіславович, д.т.н., професор

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «5» травня 2026 року № 912

2. Строк подання студентом проєкту 12.06.2026 р.

3. Вихідні дані до проєкту Огляд стану питання в галузі рослинництва та існуючих засобів сівби. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). 1. Стан вирощування соняшнику в Україні та вплив обробітку ґрунту на її врожайність. 2. Розробка плану механізованих робіт виробництва соняшнику. 3. Удосконалення конструкції просапної сівалки точного висіву. 4. Розробка операційно-технологічної карти сівби. 5. Охорона праці та захист навколишнього середовища 6. Техніко-економічні показники просапної сівалки точного висіву. Висновки та пропозиції. Література.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Аналіз вирощування соняшнику (A1) 2. План механізованих робіт вирощування соняшнику (A1) 3. Сівалка просапна (вид загальний) (A1). 4. Секція посівна. Складальне креслення (A1) 5. Підйомний механізм. Складальне креслення (A2) 6. Вісь (A3). 7. Вал (A3) 8. Операційно-технологічна карта обробітку (A1) 9. Техніко-економічні показники (A1).

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Кабат О. С., професор	05.05.2026	12.06.2026
нормоконтроль	Кабат О. С., професор	12.06.2026	

7. Дата видачі завдання: 05.05.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів проєкту	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 12.05.2026 р.	
2	Розробка плану вирощування соняшнику	до 19.05.2026 р.	
3	Конструкційний	до 26.05.2026 р.	
4	Операційно-технологічний	до 02.06.2026 р.	
5	Охорона праці	до 09.06.2026 р.	
6	Економічний аналіз	до 12.06.2026 р.	
7	Графічна частина	до 12.06.2026 р.	

Студент

(підпис)

Моїсеєнко М. Ю.

(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту

(підпис)

Кабат О. С.

(прізвище та ініціали)

[illegible]

АНОТАЦІЯ

Моїсеєнко М. Ю. Удосконалення використання техніки при вирощуванні соняшнику з розробкою операційної технології сівби / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

Метою роботи є підвищення ефективності вирощування соняшнику шляхом удосконалення використання техніки та розробки операційної технології сівби.

У кваліфікаційній роботі розглянуто особливості вирощування соняшнику в Україні та вплив технологічних операцій на формування врожайності культури. Проведено аналіз сучасного стану виробництва соняшнику, агротехнічних умов сівби та конструкцій просапних сівалок точного висіву. Розроблено план механізованих робіт вирощування соняшнику, удосконалено конструкцію просапної сівалки точного висіву та виконано розрахунок основних конструктивних параметрів посівної секції. Запропоновано операційно-технологічну карту сівби соняшнику, а також розглянуто питання охорони праці та захисту навколишнього середовища. Проведені техніко-економічні розрахунки підтвердили ефективність модернізації сівалки та доцільність її використання у виробничих умовах.

Ключові слова: соняшник, сівба, просапна сівалка, точний висів, посівна секція, врожайність, механізовані роботи, технологія вирощування, пневматичний висівний апарат, економічна ефективність.

Зміст

ВСТУП.....	7
1 СТАН ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ В УКРАЇНІ ТА ВПЛИВ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ НА ЇЇ ВРОЖАЙНІСТЬ.....	9
1.1 Народногосподарське значення соняшнику	9
1.2 Аналіз посівних площ та рівня врожайності соняшнику	12
1.3 Особливості впливу технологій сівби на формування врожайності соняшнику.....	16
1.4 Особливості агротехнічних умов проведення сівби.....	20
1.5 Сучасні конструкції просапних сівалок та їх особливості	24
1.4 Висновки з розділу	29
2 РОЗРОБКА ПЛАНУ МЕХАНІЗОВАНИХ РОБІТ ВИРОБНИЦТВА СОНЯШНИКУ	30
2.1 Обґрунтування комплексу основних технологічних операцій при вироску соняшнику	30
2.2 Організація взаємодії збиральних і транспортних засобів.....	34
2.3 Висновки з розділу	39
3 УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРОСАПНОЇ СІВАЛКИ ТОЧНОГО ВИСІВУ	41
3.1 Конструктивно-технологічна характеристика просапної сівалки точного висіву	41
3.2 Визначення конструктивно-геометричних посівної секції	45
3.3 Розрахунок міцності вузлів і деталей	49
3.4 Висновки з розділу	51
4 РОЗРОБКА ОПЕРАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ СІВБИ	52
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	56
6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОСАПНОЇ СІВАЛКИ ТОЧНОГО ВИСІВУ	59
ВИСНОВКИ	62
БІБЛІОГРАФІЯ	64
ДОДАТКИ	67

ВСТУП

Соняшник є однією з провідних олійних культур в Україні та займає важливе місце у структурі посівних площ сільськогосподарських підприємств. Високий попит на насіння соняшнику та продукти його переробки зумовлює необхідність постійного підвищення ефективності технологій вирощування культури. Одним із основних напрямів підвищення врожайності та якості продукції є удосконалення використання техніки під час виконання технологічних операцій, зокрема сівби, від якості якої значною мірою залежить рівномірність сходів, розвиток рослин і формування врожаю.

Сучасні умови виробництва потребують впровадження високопродуктивних машинно-тракторних агрегатів, здатних забезпечити точне висівання насіння, дотримання оптимальної глибини загортання, рівномірний розподіл насіння по площі та мінімальні витрати ресурсів. Проте існуючі технічні засоби не завжди забезпечують необхідну якість виконання технологічного процесу через конструктивні недоліки, неправильний вибір режимів роботи або невідповідність умовам експлуатації. Це призводить до зниження польової схожості, нерівномірності розвитку рослин та втрат урожаю.

Особливого значення набуває вдосконалення операційної технології сівби соняшнику, яка повинна враховувати агротехнічні вимоги культури, ґрунтово-кліматичні умови, технічні характеристики посівних машин та режими роботи агрегатів. Рациональне поєднання конструктивних параметрів техніки і технологічних режимів дозволяє підвищити ефективність використання машинно-тракторного парку, зменшити енерговитрати та забезпечити стабільне отримання високих урожаїв.

У зв'язку з цим тема удосконалення використання техніки при вирощуванні соняшнику з розробкою операційної технології сівби є актуальною та має важливе практичне значення для сільськогосподарського виробництва.

Метою роботи є підвищення ефективності вирощування соняшнику шляхом удосконалення використання техніки та розробки операційної технології сівби.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати сучасні технології вирощування соняшнику та технічні засоби для виконання посівних робіт;
- дослідити агротехнічні вимоги до процесу сівби соняшнику;
- обґрунтувати вибір машинно-тракторного агрегату для виконання сівби;
- розробити операційну технологію сівби соняшнику;
- визначити оптимальні режими роботи посівного агрегату;
- оцінити техніко-економічну ефективність запропонованих рішень.

Об'єктом дослідження є процес механізованої сівби соняшнику.

Предметом дослідження є технічні та технологічні параметри машинно-тракторного агрегату для сівби соняшнику.

Практичне значення роботи полягає у розробці рекомендацій щодо удосконалення використання техніки та операційної технології сівби соняшнику, що дозволить підвищити продуктивність агрегатів, покращити якість посіву та знизити виробничі витрати.

1 СТАН ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ В УКРАЇНІ ТА ВПЛИВ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ НА ЇЇ ВРОЖАЙНІСТЬ

1.1 Народногосподарське значення соняшнику

Соняшник є однією з найважливіших технічних культур у сільському господарстві України та світу. Його значення визначається високою харчовою, кормовою, технічною та експортною цінністю. Основним продуктом переробки соняшнику є олія, яка займає провідне місце у структурі виробництва рослинних жирів. Завдяки високій рентабельності вирощування соняшник став стратегічною культурою для аграрного сектору України.

Україна протягом останніх років займає одне з провідних місць у світі за обсягами виробництва та експорту соняшнику й соняшникової олії. Посівні площі під культурою в Україні становлять понад 5 млн га, а в окремі роки перевищують 6 млн га. Середня врожайність соняшнику в господарствах України коливається в межах 2,0–2,8 т/га, тоді як у передових агропідприємствах вона досягає 3,5–4,5 т/га.

Соняшник має важливе значення для забезпечення продовольчої безпеки країни, оскільки соняшникова олія є одним із основних продуктів харчування населення. Вона містить значну кількість ненасичених жирних кислот, вітамінів групи А, D, Е, F та інших біологічно активних речовин. У насінні соняшнику міститься 45–55 % олії та 16–20 % білка, що зумовлює його високу харчову цінність.

Соняшникова олія широко використовується у харчовій промисловості для виробництва: маргарину; майонезу; консервів; кондитерських виробів; хлібобулочних виробів; кулінарних жирів.

Щорічне виробництво соняшникової олії в Україні становить понад 5 млн т, значна частина якої експортується до країн Європи, Азії та Близького Сходу.

Україна забезпечує близько 45–50 % світового експорту соняшникової олії, що підтверджує її важливе значення у світовій економіці.



Рисунок 1.1 – Напрями застосування соняшнику

Велике народногосподарське значення мають побічні продукти переробки соняшнику. Після вилучення олії залишається макуха та шрот, які є цінними кормами для тварин. У соняшковому шроті міститься до 35–40 % білка, тому він широко застосовується у тваринництві для годівлі великої рогатої худоби, свиней та птиці. Використання соняшникового шроту дозволяє підвищити продуктивність тварин та знизити витрати на комбікорми.

Лушпиння соняшнику також має значну господарську цінність. Воно використовується:

- як паливо для твердопаливних котлів;
- для виробництва паливних гранул і брикетів;
- у хімічній промисловості;

- для виготовлення кормових дріжджів;
- як сировина для отримання фурфуролу та етилового спирту.

Теплотворна здатність паливних гранул із лушпиння соняшнику становить близько 16–18 МДж/кг, що наближається до показників бурого вугілля. Це робить відходи переробки соняшнику перспективним джерелом альтернативної енергії.

Соняшник також використовується у фармацевтичній та косметичній промисловості. Соняшникова олія входить до складу мазей, кремів, косметичних засобів, лікарських препаратів та біологічно активних добавок. Високий вміст вітаміну Е сприяє застосуванню продуктів переробки соняшнику у виробництві косметики та засобів догляду за шкірою.

Важливим напрямом застосування соняшнику є виробництво біопалива. Із соняшnikової олії отримують біодизельне паливо, яке може використовуватись у дизельних двигунах сільськогосподарської техніки. Використання біодизеля дозволяє зменшити споживання традиційних нафтопродуктів та скоротити викиди шкідливих речовин у навколишнє середовище.

Соняшник має важливе агротехнічне значення у сівоzmінах. Він є добрим попередником для багатьох зернових культур, сприяє очищенню поля від бур'янів та покращує структуру ґрунту завдяки потужній кореневій системі, яка проникає на глибину до 2–3 м. Рослини соняшнику здатні використовувати вологу та поживні речовини з глибоких шарів ґрунту.

Разом з тим надмірне насичення сівоzmін соняшником може негативно впливати на родючість ґрунтів. За вирощування культури на одному полі частіше ніж один раз на 6–7 років підвищується ризик поширення хвороб, зокрема білої та сірої гнилі, вовчка соняшnikового та інших патогенів. Тому важливим завданням є дотримання науково обґрунтованих сівоzmін та застосування сучасних технологій вирощування.

Соняшник є цінною медоносною культурою. З одного гектара посівів бджоли можуть зібрати 30–50 кг меду, а за сприятливих погодних умов – до 70 кг. Соняшниковий мед має високі смакові якості та користується значним попитом.

Економічна ефективність вирощування соняшнику залишається однією з найвищих серед польових культур. Рівень рентабельності виробництва залежно від урожайності та ринкових цін може становити 40–120 %. Саме тому більшість аграрних підприємств приділяють значну увагу удосконаленню технологій вирощування культури та підвищенню ефективності використання технічних засобів.

Основними напрямками застосування соняшнику є:

- виробництво харчової олії;
- виготовлення маргарину та майонезу;
- використання у кондитерській промисловості;
- виробництво комбікормів;
- отримання шроту та макухи для тваринництва;
- виробництво біодизеля;
- виготовлення паливних гранул і брикетів;
- застосування у фармацевтичній та косметичній промисловості;
- використання як медоносної культури.

Таким чином, соняшник є стратегічно важливою культурою для аграрного сектору України. Його вирощування забезпечує населення цінними продуктами харчування, тваринництво – високобілковими кормами, промисловість – сировиною для виробництва широкого спектра продукції, а економіку держави – значними валютними надходженнями від експорту. У зв'язку з цим підвищення ефективності технологій вирощування соняшнику та удосконалення використання техніки є важливими завданнями сучасного сільськогосподарського виробництва.

1.2 Аналіз посівних площ та рівня врожайності соняшнику

Соняшник є однією з основних олійних культур України та займає провідне місце у структурі посівних площ сільськогосподарських культур. Висока рентабельність виробництва, значний попит на насіння та соняшникову

олію на внутрішньому і зовнішньому ринках сприяють постійному збільшенню площ вирощування культури. Протягом 2020–2025 років виробництво соняшнику в Україні зазнавало впливу економічних, кліматичних та воєнних факторів, що позначилося на посівних площах, урожайності та валових зборах.

За статистичними даними, у 2020 році площа посівів соняшнику в Україні становила близько 6,4 млн га. Валовий збір насіння соняшнику склав приблизно 13,1 млн т, а середня врожайність – 2,0–2,1 т/га. Низька врожайність у 2020 році пояснювалася несприятливими погодними умовами, зокрема дефіцитом вологи у південних та східних регіонах України.

У 2021 році спостерігалось суттєве покращення показників виробництва. Посівні площі під соняшником зросли до 6,5–6,7 млн га. Завдяки сприятливим погодним умовам та впровадженню інтенсивних технологій вирощування врожайність підвищилася до 2,5–2,6 т/га. Валовий збір соняшнику досяг рекордного рівня – понад 16 млн т. Це був один із найуспішніших років для виробництва культури в Україні.

У 2022 році аграрний сектор України зазнав значних втрат унаслідок повномасштабних бойових дій. Частина сільськогосподарських земель була тимчасово окупована або замінована, що призвело до скорочення площ посіву. За оцінками, площі під соняшником зменшилися до 4,7–5,0 млн га, тобто майже на 25 % порівняно з 2021 роком. Валовий збір культури знизився до 10–11 млн т. Незважаючи на складні умови, середня врожайність залишалася на рівні 2,1–2,3 т/га завдяки достатній кількості опадів у центральних та західних регіонах країни.

У 2023 році аграрне виробництво почало поступово стабілізуватися. Посівні площі соняшнику знову збільшилися та становили близько 5,2–5,5 млн га. Завдяки адаптації аграріїв до нових умов господарювання, використанню сучасної техніки та високопродуктивних гібридів урожайність підвищилася до 2,4–2,5 т/га. Валовий збір соняшнику склав приблизно 12–13 млн т. Значну роль у підвищенні врожайності відіграло використання сучасних технологій точного землеробства та вдосконалення технологічних операцій сівби.

У 2024 році тенденція до відновлення виробництва соняшнику зберігалася. Посівні площі становили близько 5,5–5,8 млн га. Середня врожайність у провідних господарствах досягала 2,7–3,2 т/га, а середній показник по країні оцінювався на рівні 2,5–2,6 т/га. Валовий збір насіння соняшнику перевищив 13 млн т. Попри складні економічні умови, соняшник залишався однією з найбільш прибуткових культур.

У 2025 році прогнозується подальше зростання ефективності виробництва соняшнику. Очікується, що площі посіву культури можуть перевищити 6 млн га, а середня врожайність за умов сприятливої погоди становитиме 2,6–2,8 т/га. Прогнозований валовий збір може досягти 14–15 млн т. Основними чинниками зростання виробництва є:

- використання високопродуктивних гібридів;
- застосування сучасних посівних комплексів;
- удосконалення операційної технології сівби;
- впровадження систем точного землеробства;
- оптимізація мінерального живлення та захисту рослин.

Аналіз статистичних даних свідчить, що найбільші площі вирощування соняшнику традиційно зосереджені у степовій та лісостеповій зонах України. До основних регіонів-виробників належать: Дніпропетровська область; Кіровоградська область; Полтавська область; Харківська область; Запорізька область; Миколаївська область; Одеська область.

У цих регіонах соняшник займає значну частину структури посівних площ завдяки сприятливим ґрунтово-кліматичним умовам. У середньому частка соняшнику в структурі посівів окремих господарств становить 20–35 %, а в деяких випадках перевищує науково обґрунтовані норми.

Важливим показником ефективності вирощування соняшнику є врожайність. На її рівень впливають: погодні умови; якість насіння; строки та способи сівби; густота стояння рослин; рівень мінерального живлення; ефективність захисту рослин; технічний стан посівних агрегатів.

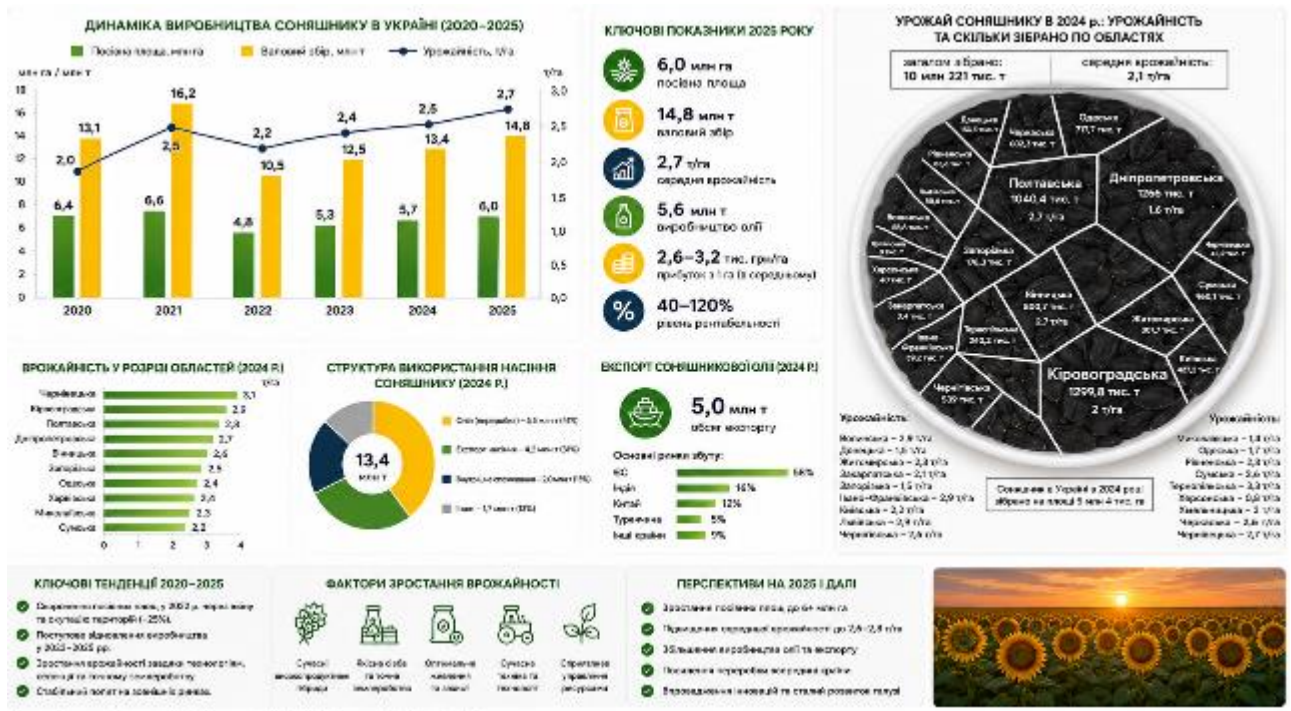


Рисунок 1.2 – Стан виробництва соняшнику в аграрному секторі України

Особливу роль у формуванні врожайності відіграє якість виконання технологічної операції сівби. Порушення рівномірності висіву, недотримання глибини загортання насіння та оптимальної густоти рослин можуть призвести до зниження врожайності на 10–20 %. Саме тому удосконалення використання техніки та розробка сучасної операційної технології сівби є важливими умовами підвищення ефективності виробництва соняшнику.

За останні роки в Україні значно зросло використання сучасних просапних сівалок точного висіву. Вони забезпечують: рівномірний розподіл насіння; стабільну глибину загортання; зменшення пошкодження насіння; підвищення польової схожості; скорочення витрат насіннєвого матеріалу.

Застосування сучасної техніки дозволяє підвищити врожайність соняшнику на 0,2–0,5 т/га порівняно з традиційними технологіями сівби.

Для наочного аналізу динаміки виробництва соняшнику в Україні за 2020–2025 роки можна навести такі узагальнені показники.

Таким чином, аналіз статистичних даних свідчить, що соняшник залишається однією з найважливіших та найрентабельніших культур в Україні. Незважаючи на складні умови останніх років, виробництво соняшнику

поступово стабілізується та має тенденцію до подальшого зростання. Важливими напрямками підвищення ефективності вирощування культури є удосконалення технічного забезпечення, застосування сучасних машинно-тракторних агрегатів та розробка ефективної операційної технології сівби.

1.3 Особливості впливу технологій сівби на формування врожайності соняшнику

Одним із найважливіших факторів формування високої врожайності соняшнику є правильний вибір технології сівби. Від способу розміщення рослин, норми висіву, ширини міжрядь, глибини загортання насіння та якості виконання посівних робіт залежить рівномірність сходів, розвиток кореневої системи, інтенсивність фотосинтезу та ефективність використання вологи і поживних речовин. У сучасних умовах підвищення продуктивності культури значною мірою пов'язане з удосконаленням операційної технології сівби та застосуванням сучасних просапних сівалок точного висіву.

Через значну різноманітність ґрунтово-кліматичних умов на території України оптимальна густота стояння рослин соняшнику суттєво відрізняється залежно від природної зони вирощування. Для посушливих районів південного Степу рекомендована густота становить 30–35 тис. рослин на 1 га, у північному Степу – 45–50 тис. рослин на гектар, а в умовах Лісостепу оптимальними є показники 50–55 тис. рослин/га. Така різниця пояснюється неоднаковим рівнем забезпечення вологою, температурним режимом та родючістю ґрунтів.

Важливим напрямом удосконалення технології вирощування соняшнику є пошук оптимальних норм висіву для сучасних гібридів. Дослідження показують, що різні гібриди неоднаково реагують на загушення посівів та способи сівби. При збільшенні густоти стояння рослин спостерігається інтенсивніше витягування стебла у висоту, проте водночас зменшується діаметр стебла та кошика. Надмірне загушення призводить до погіршення освітленості рослин, що

негативно впливає на процес утворення квіток у кошику та подальше формування насіння.

Одним із важливих показників ефективності технології сівби є рівномірність розміщення рослин на площі живлення. За надмірного загущення посівів між рослинами посилюється конкуренція за світло, вологу та елементи живлення. Це призводить до погіршення розвитку кореневої системи та зниження індивідуальної продуктивності рослин. У розріджених посівах освітленість стеблостою покращується, однак зменшується загальне використання сонячної енергії агроценозом.

Значний вплив на ефективність сівби мають погодні умови вегетаційного періоду. За достатнього зволоження рослини краще переносять загущення, тоді як у посушливих умовах оптимальна густота повинна бути меншою. Саме тому технологія сівби соняшнику повинна адаптуватися до конкретних ґрунтово-кліматичних умов господарства.

Науковими дослідженнями встановлено, що найбільш ефективно використовують родючість ґрунту посіви такої густоти, які забезпечують максимальний урожай насіння та високий вихід олії. Оптимальна густота сприяє формуванню помірної конкуренції між рослинами, завдяки чому вони більш ефективно використовують поживні речовини та вологу.

Для вивчення впливу норми висіву на формування врожайності соняшнику було проведено дослідження в умовах господарства Полтавської області. У досліді використовували чотири варіанти густоти стояння рослин: 30, 40, 50 і 60 тис. шт./га. Сівбу проводили пунктирним способом із застосуванням сівалки точного висіву на глибину 6–8 см. Досліджувався гібрид соняшнику Форвард.

Результати досліджень показали, що густота стояння рослин істотно впливає на формування елементів продуктивності культури. Одним із головних показників є діаметр кошика, який безпосередньо впливає на кількість сформованого насіння. За мінімальної густоти 30 тис. рослин/га середній діаметр кошика становив 20,2 см. У варіантах із більшою густотою спостерігалось

поступове зменшення цього показника. За густоти 60 тис. рослин/га діаметр кошика знизився до 17,6 см.

Такі результати пояснюються тим, що за меншої густоти кожна рослина має більшу площу живлення, кращий доступ до сонячного світла та меншу конкуренцію за вологу. Це забезпечує формування більш потужного кошика та покращує умови наливу насіння.

Дослідження також показали вплив густоти посіву на вихід насіння з кошика. За мінімальної норми висіву цей показник становив 64,1 %, тоді як за максимальної густоти – лише 61,3 %. Таким чином, збільшення густоти стояння рослин негативно впливає на повноцінність формування насіння.

Важливим показником продуктивності є маса насіння з одного кошика. За густоти 30 тис. рослин/га середня маса насіння з одного кошика становила 78,8 г. У варіанті з максимальною густотою цей показник зменшився майже вдвічі — до 39,2 г. Аналогічна тенденція спостерігалася і щодо маси 1000 насінин.

За мінімальної густоти маса 1000 насінин становила 54,1 г, тоді як за густоти 60 тис. рослин/га – лише 25,8 г. Це свідчить про те, що загущення посівів призводить до формування дрібнішого насіння через посилену конкуренцію між рослинами.

Погодні умови також суттєво впливали на результати досліджень. За більш сприятливих умов рослини формували вищу врожайність та більший діаметр кошика. Тривалий теплий осінній період сприяв кращому наливу насіння та полегшував процес досягання культури.

Аналіз урожайності соняшнику залежно від норми висіву показав, що найвищий результат було отримано за густоти 50 тис. рослин/га. Урожайність у цьому варіанті становила 27,8 ц/га. У варіанті з густотою 40 тис. рослин/га врожайність була нижчою на 1,3 ц/га. За найменшої та найбільшої густоти стояння рослин урожайність знижувалася приблизно на 4,2–4,3 ц/га порівняно з оптимальним варіантом.

Отримані результати підтверджують, що як недостатня, так і надмірна густота посіву негативно впливають на формування врожаю соняшнику. За

зріджених посівів не забезпечується повне використання площі живлення та сонячної енергії, а за надмірного загущення посилюється конкуренція між рослинами.

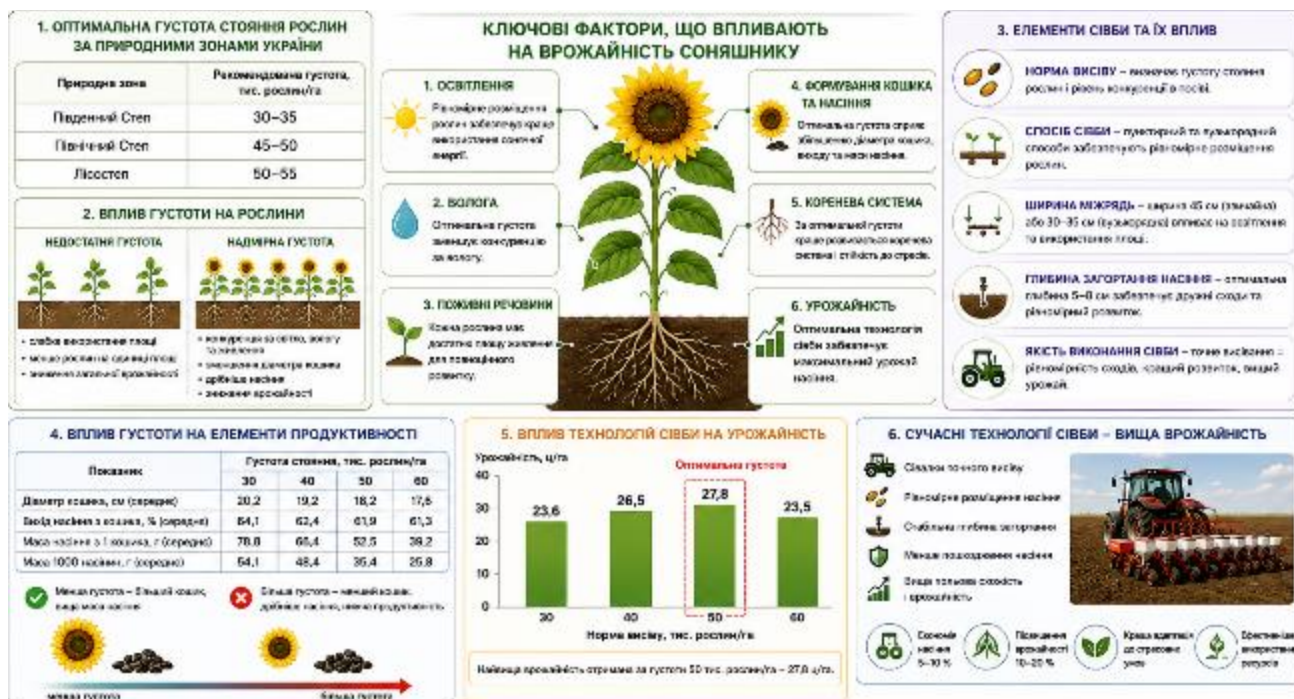


Рисунок 1.3 – Особливості впливу технологій сівби на формування врожайності соняшнику

Особливе значення у формуванні високої врожайності має якість виконання сівби. Використання сучасних сівалок точного висіву забезпечує:

- рівномірне розміщення насіння;
- стабільну глибину загортання;
- однакові умови проростання;
- зменшення пошкодження насіння;
- підвищення польової схожості.

Дотримання оптимальної глибини загортання насіння є важливою умовою отримання дружніх сходів. Для соняшнику оптимальною вважається глибина 5–8 см залежно від типу ґрунту та вологості посівного шару. За надто мілкового висіву насіння може потрапляти у сухий шар ґрунту, а за надмірного загортання сходи з'являються ослабленими та нерівномірними.

Суттєвий вплив на врожайність має і спосіб сівби. Найбільш поширеним є пунктирний спосіб, який забезпечує рівномірний розподіл рослин по площі та оптимальні умови для їх розвитку. Останнім часом значна увага приділяється технологіям вузькорядної сівби, які дозволяють підвищити рівномірність використання площі живлення та зменшити забур'яненість посівів.

Таким чином, технологія сівби є одним із ключових факторів формування врожайності соняшнику. Оптимальний вибір норми висіву, способу сівби, ширини міжрядь та параметрів роботи посівних агрегатів забезпечує покращення росту і розвитку рослин, підвищення маси насіння та збільшення врожайності культури. Результати досліджень свідчать, що для умов Лісостепу найбільш ефективною є густота стояння рослин близько 50 тис. шт./га, яка забезпечує найкраще поєднання індивідуальної продуктивності рослин і загальної врожайності посіву.

1.4 Особливості агротехнічних умов проведення сівби

Сівба соняшнику є однією з найбільш відповідальних технологічних операцій у системі вирощування культури, оскільки саме на початкових етапах розвитку формується густота стояння рослин, рівномірність сходів та умови для подальшого росту й розвитку посівів. Від правильного дотримання агротехнічних вимог під час проведення сівби значною мірою залежить рівень урожайності та якість насіння соняшнику.

Особливості агротехнічних умов проведення сівби визначаються біологічними властивостями культури, ґрунтово-кліматичними умовами вирощування, станом ґрунту, попередником, рівнем забезпечення вологою та технічними можливостями господарства. Для отримання дружніх і рівномірних сходів необхідно забезпечити оптимальне поєднання строків сівби, глибини загортання насіння, ширини міжрядь, густоти стояння рослин та якісного передпосівного обробітку ґрунту.

Соняшник належить до теплолюбних культур. Насіння починає проростати за температури ґрунту 4–6 °С, однак для отримання швидких і рівномірних сходів оптимальною є температура посівного шару ґрунту на глибині загортання насіння 8–12 °С. За таких умов сходи з'являються через 8–12 діб після сівби. У разі висіву в недостатньо прогрітий ґрунт проростання насіння затягується, збільшується ризик ураження хворобами та пошкодження шкідниками.

Оптимальні строки сівби соняшнику визначаються температурою ґрунту, запасами продуктивної вологи та погодними умовами весняного періоду. У більшості регіонів України сівбу проводять у період, коли температура ґрунту на глибині 8–10 см стабільно досягає 8–10 °С. Запізнення із сівбою призводить до втрат ґрунтової вологи, погіршення польової схожості насіння та зниження врожайності культури.

Важливим агротехнічним фактором є вибір попередника. Найкращими попередниками для соняшнику є: озима пшениця; ярі зернові культури; зернобобові; кукурудза на силос.

Не рекомендується розміщувати соняшник після культур, які сильно висушують ґрунт або мають спільних збудників хвороб. Повертати соняшник на попереднє поле доцільно не раніше ніж через 6–7 років, що дозволяє зменшити поширення вовчка соняшникового, фомозу, білої та сірої гнилі.

Однією з головних умов якісної сівби є належна підготовка ґрунту. Передпосівний обробіток повинен забезпечувати: вирівнювання поверхні поля; створення дрібногрудочкуватої структури ґрунту; збереження вологи; знищення бур'янів; формування ущільненого насінневого ложа.

Якість підготовки ґрунту суттєво впливає на рівномірність загортання насіння та стабільність роботи висівних апаратів сівалки. Великі грудки ґрунту або нерівна поверхня поля можуть призводити до коливань глибини загортання, що викликає нерівномірність сходів.

Для сівби соняшнику використовують відкаліброване та протруєне насіння високопродуктивних гібридів. Калібрування насіння забезпечує рівномірність

висіву, а протруювання захищає проростки від ґрунтових інфекцій і шкідників. Польова схожість якісного насіння за сприятливих умов може перевищувати 90–95 %.

Особливе значення має правильний вибір глибини загортання насіння. Вона залежить від типу ґрунту та забезпеченості вологою. На важких ґрунтах насіння загортають на глибину 4–5 см, а на легких і недостатньо зволжених – 6–8 см. За надто мілкового загортання насіння може потрапляти у пересушений шар ґрунту, що затримує появу сходів. Надмірно глибока сівба спричиняє ослаблення проростків та зрідження посівів.

Ширина міжрядь є важливим елементом технології сівби соняшнику. Традиційно в Україні застосовують міжряддя шириною 70 см. Такий спосіб забезпечує достатню площу живлення рослин і створює умови для проведення міжрядного обробітку ґрунту. Останнім часом поширення набувають технології вузькорядної сівби з міжряддям 30–45 см. Вузькорядні посіви забезпечують більш рівномірне використання площі живлення, швидше змикання рядків та краще пригнічення бур'янів.

Важливим показником ефективності сівби є густота стояння рослин. Вона повинна відповідати ґрунтово-кліматичним умовам та біологічним особливостям гібриду. Для умов Степу оптимальна густота становить 35–50 тис. рослин/га, а для Лісостепу – 50–60 тис. рослин/га. За надмірного загущення посилюється конкуренція між рослинами за вологу та поживні речовини, що негативно впливає на формування кошика і масу насіння.

Однією з основних вимог до проведення сівби є забезпечення рівномірного розміщення насіння у рядку. Використання сучасних сівалок точного висіву дозволяє мінімізувати пропуски та двійники, забезпечити однакову глибину загортання і стабільну норму висіву. Нерівномірне розміщення рослин призводить до неоднакового розвитку соняшнику, зниження продуктивності та втрат урожаю.

Важливе значення має швидкість руху посівного агрегату. Надмірне збільшення швидкості сівби погіршує точність роботи висівних апаратів і знижує

рівномірність розподілу насіння. Для більшості сучасних просапних сівалок оптимальна робоча швидкість становить 6–10 км/год залежно від стану поля та конструкції машини.

Суттєвий вплив на формування сходів має ущільнення ґрунту в зоні загортання насіння. Для цього сучасні сівалки обладнуються прикочувальними колесами, які забезпечують щільний контакт насіння з ґрунтом і покращують надходження вологи до насінини. Це сприяє швидкому та дружньому проростанню.

Важливим агротехнічним заходом є контроль забур'яненості посівів. На початкових етапах розвитку соняшник росте повільно і недостатньо конкурує з бур'янами. Тому перед сівбою або після неї застосовують ґрунтові гербіциди, а також проводять міжрядні обробітки. Чистота посівів є необхідною умовою формування високого врожаю.

Значний вплив на ефективність сівки має забезпеченість ґрунту елементами живлення. Для формування 1 т насіння соняшник споживає приблизно: 40–60 кг азоту; 20–30 кг фосфору; 100–150 кг калію.

Тому внесення добрив є важливим елементом технології вирощування культури. Особливо ефективним є локальне внесення мінеральних добрив під час сівки, що забезпечує рослини поживними речовинами на початкових етапах росту.

Сучасні технології вирощування соняшнику передбачають широке застосування систем точного землеробства. Використання GPS-навігації, автоматичного контролю норми висіву та систем моніторингу роботи сівалки дозволяє підвищити якість проведення посівних робіт і зменшити витрати насіння.

Таким чином, агротехнічні умови проведення сівки соняшнику мають вирішальне значення у формуванні високої врожайності культури. Дотримання оптимальних строків сівки, правильний вибір густоти стояння рослин, забезпечення рівномірного загортання насіння та використання сучасних

посівних агрегатів створюють сприятливі умови для росту і розвитку рослин та забезпечують отримання високих і стабільних урожаїв соняшнику.

1.5 Сучасні конструкції просапних сівалок та їх особливості

Сівба просапних культур є однією з найважливіших технологічних операцій у рослинництві, оскільки саме від якості її виконання значною мірою залежить формування майбутнього врожаю. Основними вимогами до сучасних посівних машин є забезпечення точної норми висіву, рівномірного розподілу насіння у рядку, стабільної глибини загортання та створення оптимальних умов для проростання насіння.

Ефективність роботи просапних сівалок залежить не лише від конструкції машини, а й від якості передпосівного обробітку ґрунту. Посівний шар повинен бути дрібногрудочкуватим, достатньо розпушеним і вирівняним, що забезпечує збереження вологи та сприяє рівномірному проростанню насіння. Насіння необхідно розміщувати на ущільненому вологому шарі ґрунту з подальшим загортанням пухким шаром, який створює сприятливі умови для появи дружніх сходів.

У сучасному землеробстві найбільш поширеними є пунктирний та стрічковий способи сівби просапних культур. Пунктирний спосіб передбачає точне розміщення насіння у рядку на однаковій відстані, що дозволяє уникнути подальшого проріджування рослин. Стрічковий спосіб передбачає розміщення кількох зближених рядків із широкими міжряддями між стрічками для подальшого міжрядного обробітку.

Сучасні просапні сівалки обладнуються пневматичними або вакуумними висівними апаратами, електронними системами контролю висіву, системами автоматичного регулювання тиску на ґрунт та механізмами точного контролю глибини загортання насіння. Це дозволяє забезпечувати високу точність сівби навіть за підвищених робочих швидкостей.

Просапні сівалки Maschio Gaspardo. Італійська компанія Maschio Gaspardo виробляє широкий асортимент сучасних просапних сівалок точного висіву. Однією з популярних моделей є вакуумна сівалка ROMINA 8, призначена для роботи у різних системах обробітку ґрунту.

Сівалка ROMINA 8 забезпечує висів із міжряддям 70 см та обладнана полімерними насіннєвими бункерами об'ємом 60 л на кожній секції. Для внесення гранульованих мінеральних добрив встановлено два бункери по 800 л. Робоча швидкість машини становить 6–8 км/год.

Особливістю конструкції є використання вакуумної системи дозування насіння, яка забезпечує високу точність висіву та мінімізує появу двійників. Для різних культур застосовуються змінні висівні диски. Сошнікова група обладнана дводисковими сошниками діаметром 420 мм та системою регулювання тиску секції до 140 кг.

Важливою перевагою є карданний привід дозувального апарата Synchro Motion, який характеризується високою надійністю та не потребує постійного технічного обслуговування. Контроль глибини висіву здійснюється за допомогою копіювальних коліс із можливістю плавного регулювання глибини до 12 см.

Ще однією популярною моделлю є пневматична сівалка SP 8, яка характеризується простотою конструкції та універсальністю застосування. Машина обладнана системою внесення добрив, монітором контролю висіву та гідравлічними маркерами. Висока точність висіву досягається завдяки малій висоті падіння насіння та точному регулюванню селектора висівного апарата.

Просапні сівалки Great Plains. Американська компанія Great Plains пропонує сучасні просапні сівалки серії Yield-Pro, які можуть працювати за технологією Twin-Row (здвоєний рядок).

Сівалка YP-825A-16TR висіває кукурудзу, сояшник, сою та ріпак здвоєними рядами. Відстань між рядами у парі становить 20 см, а між центрами здвоєних рядів – 70 см. Насіння у сусідніх рядках розміщується у шаховому порядку, що значно збільшує площу живлення рослин.

Технологія Twin-Row дозволяє покращити розвиток кореневої системи, збільшити товщину стебла та підвищити стійкість рослин до вилягання. Сівалки обладнані системою внесення добрив та сучасними висівними секціями 25-ї серії.

Конструкція сошникових секцій передбачає використання паралелограмної підвіски, що забезпечує точне копіювання рельєфу поля. Тиск секції на ґрунт автоматично регулюється в межах 90–120 кг.

Просапні сівалки Horsch. Німецька компанія Horsch виготовляє пневматичні сівалки Maestro CC та Maestro SW, які відзначаються високою продуктивністю та точністю висіву.

Особливістю цих машин є використання компактного електроприводного дозатора, який забезпечує норму висіву від 20 до 400 тис. насінин/га. Пневматична система подає насіння під тиском із високою точністю, що дозволяє працювати на підвищених швидкостях.

Сівалки Maestro CC обладнані бункером для добрив об'ємом 2800 л та індивідуальними насіннєвими бункерами по 70 л. Міжряддя можуть становити 45, 50, 70, 75 або 80 см.

Модель Maestro SW оснащується великим двосекційним бункером, який вміщує 2000 л насіння та 7000 л добрив. Це дозволяє значно збільшити продуктивність агрегату та скоротити простій під час дозаправлення.

Просапні сівалки John Deere. Американська компанія John Deere виробляє широкий модельний ряд просапних сівалок серій 1700 та DB.

Сівалки моделі 1785 є універсальними та можуть працювати як у 6- та 8-рядному виконанні з міжряддям 70–76 см, так і у 12-рядному варіанті з міжряддям 45 см.

Модель 1745 призначена для роботи за традиційною, мінімальною та ґрунтозахисною технологіями. Сівалки здатні ефективно працювати на полях із великою кількістю рослинних решток.

Усі сівалки John Deere обладнані висівними секціями MaxEmerge XP, які характеризуються високою надійністю та точністю. Система дозування

VacuMeter забезпечує стабільну норму висіву та рівномірне розміщення насіння у рядку.

Використання зносостійких сошникових дисків Diamond, модернізованих копіювальних коліс і вдосконалених насіннєпроводів дозволяє значно покращити якість сівби.

Просапні сівалки Kuhn. Французька компанія Kuhn виготовляє пневматичні сівалки Planter 3 та Maxima 2TM.

Сівалки Planter 3 обладнані пневматичним висівним апаратом, який забезпечує точне дозування насіння. Глибина загортання регулюється положенням прикочувального котка або переднього копіювального колеса.

Система контролю дозволяє відключати окремі висівні секції безпосередньо з кабіни трактора, що зменшує перекриття та економить насіння.

Сівалки Maxima 2TM призначені для роботи за мінімальної технології обробітку ґрунту. Кожна висівна секція обладнана паралелограмною підвіскою, яка забезпечує точне копіювання рельєфу поля.

Завдяки збільшенню тиску на сошник та використанню дозувальних дисків діаметром 262 мм вдалося підвищити точність висіву та забезпечити роботу на високих швидкостях.

Просапні сівалки Amazone. Німецька компанія Amazone виробляє пневматичні сівалки EDX 6000-T та EDX 9000-T, які належать до техніки преміум-класу.

Головною особливістю машин є система Xpress, яка забезпечує високошвидкісний висів із робочою швидкістю до 15 км/год. Насіння подається під тиском через висівні трубки до сошників, що забезпечує точне укладання у борозну.

Сівалки обладнані центральними висівними барабанами та системою автоматичного регулювання чистиків. Це дозволяє підтримувати високу якість висіву навіть за підвищених швидкостей руху.

Бункери для добрив мають місткість 3000–5000 л, що забезпечує тривалу безперервну роботу агрегатів.



MASCHIO GASPARDO – ROMINA 8

Причіпна вакуумна сівалка точного висіву з міжряддям 70 см. Забезпечує високу точність норми висіву та розміщення насіння в рядку.

- Тип: вакуумна, причіпна
- Кількість рядків: 8
- Міжряддя: 70 см
- Об'єм бункера для насіння: 60 л (на секцію)
- Об'єм бункера для добрив: 2-800 л
- Робоча швидкість: 6-8 км/год
- Глибина висіву: до 12 см
- Тиск на сошник: до 140 кг
- Висівна секція MTR, дводискові сошники Ø 420 мм
- Система висіву: вакуумна
- Привід: Synchro Motion™ (карданий)
- Контроль глибини: до 12 см
- V-подібні прикомчувальні колеса з регульованим тиском



GREAT PLAINS – YP-825A-16TR (TWIN-ROW)

Сівалка позитивного тиску зі здвоєними рядами (Twin-Row). Забезпечує збільшену площу живлення та підвищену врожайність.

- Тип: пневматична, точного висіву
- Кількість рядків: 16 (8 здвоєних)
- Технологія: Twin-Row
- Міжряддя між центрами пар: 70 см
- Відстань у парі: 20 см
- Робоча швидкість: до 10-12 км/год
- Система добрив: є
- Висівна секція: серії 25
- Тиск на ґрунт: 90-120 кг
- Паралелограма підвіска секцій
- Гідравлічний вентилятор позитивного тиску
- Можливість вибору прикомчувальних коліс, колтерів та бокових коліс



HORSCH – MAESTRO SW

Пневматична сівалка точного висіву з високою продуктивністю та інтелектуальним керуванням процесом сіяння.

- Тип: пневматична, причіпна
- Кількість рядків: 16-36
- Міжряддя: 70, 75 см
- Об'єм бункера для насіння: 2000 л
- Об'єм бункера для добрив: 7000 л
- Робоча швидкість: до 15 км/год
- Норма висіву: 20-400 тис. насіння/га
- Система дозування: електродозатор
- Контроль висіву: Seed on Demand
- Висока продуктивність завдяки пневматичному дозатору
- Система точного укладання насіння під тиском



JOHN DEERE – MAXEMERGE XP (1785/1745/1715)

Універсальні сівалки для різних технологій вирощування просапних культур.

- Тип: пневматична, вакуумна
- Кількість рядків: 6-24
- Міжряддя: 45, 70, 76 см
- Об'єм бункера для добрив: до 2400 л
- Система дозування: VacuMeter
- Робоча швидкість: до 10-12 км/год
- Висівна секція: MaxEmerge XP
- Дискові ножі: Diamond
- Копіювальні колеса нового покоління
- Точність дозування та рівномірність висіву
- Підходить для різних культур та умов ґрунту



KUHN – PLANTER 3 / MAXIMA 2TM

Пневматичні сівалки точного висіву з високою адаптивністю до умов поля.

- Тип: пневматична
- Кількість рядків: 3-16
- Міжряддя: 45-75 см
- Об'єм бункера для насіння: до 52 л (на секцію)
- Робоча швидкість: до 10 км/год
- Пневматичний висівний апарат
- Паралелограма підвіска секцій (Maxima 2TM)
- Регулювання глибини висіву
- Можливість відключення секцій з кабіни
- Висока точність норми та глибини висіву



AMAZONE – EDX 6000-T / EDX 9000-T

Пневматичні сівалки преміум-класу з системою високошвидкісного висіву Xpress.

- Тип: пневматична, причіпна
- Кількість рядків: 8 (EDX 6000-T), 12 (EDX 9000-T)
- Міжряддя: 70, 75, 80 см
- Об'єм бункера для насіння: 600 л
- Об'єм бункера для добрив: 3000-5000 л
- Робоча швидкість: до 15 км/год
- Система висіву: Xpress
- Автоматичне регулювання чистиків
- Прямокутна борозна для якісного загортання насіння



VÄDERSTAD – TEMPO (R, T COMBI, V, F)

Високошвидкісні сівалки точного висіву з технологією PowerShoot.

- Тип: пневматична, причіпна / навісна
- Кількість рядків: 6, 8, 12, 16, 18, 24
- Міжряддя: 45, 50, 70, 75, 80 см
- Об'єм бункера для добрив: 1200-1700 л
- Робоча швидкість: до 15-20 км/год
- Висівний пристрій: PowerShoot (до 28 насіння/с)
- Система керування: Control Station, ISOBUS, iPad (Wi-Fi)
- Висока точність висіву на високих швидкостях
- Мінімальні пропуски та двійники

Рисунок 1.5 – Сучасні конструкції сівалок та їх особливості

Просапні сівалки Väderstad. Шведська компанія Väderstad представляє серію високошвидкісних сівалок Tempo.

Особливістю сівалок є система PowerShoot, яка забезпечує переміщення насіння під надлишковим тиском через вузьку висівну трубку. Висівний пристрій здатний подавати до 28 насінин за секунду без втрати точності.

Таким чином, сучасні конструкції просапних сівалок характеризуються високим рівнем автоматизації, точністю дозування насіння, можливістю роботи на підвищених швидкостях та адаптацією до різних технологій обробітку ґрунту. Використання сучасних сівалок точного висіву дозволяє забезпечити оптимальне розміщення рослин, зменшити витрати насіннєвого матеріалу та підвищити ефективність вирощування соняшнику й інших просапних культур.

1.4 Висновки з розділу

Соняшник є однією з провідних олійних культур України та має важливе народногосподарське значення завдяки високій рентабельності виробництва, значному експортному потенціалу та широкому використанню продукції переробки. Аналіз сучасного стану вирощування культури свідчить про стабільно високі посівні площі та тенденцію до підвищення врожайності за умови впровадження сучасних технологій вирощування.

Встановлено, що рівень урожайності соняшнику значною мірою залежить від агротехнічних умов вирощування, якості проведення сівби та особливостей обробітку ґрунту. Раціональний передпосівний обробіток забезпечує накопичення та збереження вологи, створення оптимальної структури ґрунту, рівномірне загортання насіння і формування дружних сходів.

Важливу роль у підвищенні ефективності вирощування соняшнику відіграє застосування сучасних просапних сівалок точного висіву, які забезпечують рівномірний розподіл насіння, дотримання заданої глибини сівби та оптимальної густоти стояння рослин. Використання сучасних технічних засобів і вдосконалених технологій сівби сприяє підвищенню врожайності культури, зменшенню витрат ресурсів та покращенню економічної ефективності виробництва соняшнику.

2 РОЗРОБКА ПЛАНУ МЕХАНІЗОВАНИХ РОБІТ ВИРОБНИЦТВА СОНЯШНИКУ

2.1 Обґрунтування комплексу основних технологічних операцій при вирощуванні соняшнику

Для проєктування технології вирощування соняшнику було обрано модернізовану інтенсивну систему виробництва із елементами мінімального обробітку ґрунту. Запропонована технологія спрямована на зниження собівартості продукції, скорочення енерговитрат та зменшення кількості технологічних операцій у системі основного обробітку ґрунту без погіршення умов росту й розвитку рослин.

У запропонованій технології передбачено застосування мінімального обробітку ґрунту, який дозволяє скоротити витрати пального, зменшити ущільнення ґрунту та краще зберігати продуктивну вологу. Комплекс основних технологічних операцій із вирощування соняшнику включає післязбиральний обробіток, внесення добрив, передпосівну підготовку ґрунту, сівбу, догляд за посівами та збирання врожаю.

Після збирання попередника, яким є озима пшениця, у другій половині серпня рекомендується провести дискування ґрунту на глибину 16–18 см. Для виконання цієї операції використовується машинно-тракторний агрегат у складі трактора ХТЗ-17021 та дискової борони БДФП-4,2. Проведення дискування забезпечує подрібнення післяжнивних решток, часткове знищення бур'янів та створення оптимальних умов для накопичення вологи в ґрунті.

Наступним етапом є внесення мінеральних добрив. На початку або в середині вересня пропонується вносити амофос із нормою близько 110–130 кг/га. Одночасно із внесенням добрив виконується культивація, яка забезпечує їх загортання у ґрунт. Такий агротехнічний захід сприяє покращенню живлення рослин на початкових етапах вегетації та одночасно виконує функцію механічного контролю бур'янів.

Ранньою весною для закриття вологи та руйнування ґрунтової кірки необхідно провести боронування поля. Ця операція дозволяє зменшити втрати вологи, покращити аерацію верхнього шару ґрунту та підготувати поле до передпосівного обробітку.

Передпосівну культивуацію рекомендується виконувати агрегатом у складі трактора Case IH JX110 та культиватора Case IH 4500 на глибину 6–8 см, що відповідає глибині загортання насіння соняшнику. Якісна передпосівна підготовка ґрунту забезпечує створення вирівняного насінневого ложа та сприяє отриманню дружних сходів.

Сівбу соняшнику пропонується проводити машинно-тракторним агрегатом у складі трактора Case IH JX110 та просапної сівалки точного висіву Gaspardo MTR-8. Для висіву використовується високоякісне насіння компанії Syngenta. Використання сучасної сівалки точного висіву забезпечує рівномірний розподіл насіння у рядку, дотримання встановленої глибини сівби та оптимальної густоти стояння рослин.

Система догляду за посівами соняшнику передбачає проведення комплексу заходів із захисту рослин від бур'янів та хвороб. До появи сходів рекомендується внесення гербіциду Гезагارد із нормою 3,5–4,0 л/га методом суцільного обприскування. Орієнтовно через 25–30 днів після сівби виконується повторне внесення гербіциду Селект у нормі близько 1,0–1,2 л/га із використанням робочого розчину 100–120 л/га.

Для захисту посівів від грибкових захворювань передбачено внесення фунгіциду Піктор із нормою 0,5–0,6 л/га при витраті робочого розчину близько 100 л/га. Застосування фунгіцидного захисту дозволяє знизити розвиток хвороб та підвищити якість насіння.

Збирання врожаю соняшнику рекомендується проводити зернозбиральним комбайном Case 2388, обладнаним спеціальною соняшnikовою жаткою. Збирання здійснюється при вологості насіння близько 12–14 %, що забезпечує мінімальні втрати та належну якість продукції. Транспортування насіння від комбайнів здійснюється вантажними автомобілями-самоскидами.

На основі наведеного комплексу технологічних операцій, а також з урахуванням необхідності виконання допоміжних робіт, розробляється план механізованих робіт із вирощування соняшнику. Вихідними даними для проєктування технологічного процесу є:

- структура та тип ґрунтів;
- попередник у сівозміні;
- норми внесення добрив;
- система захисту рослин;
- норма висіву;
- прогнозована врожайність;
- кількісний та марочний склад машинно-тракторного парку

господарства.

Технологічна карта вирощування культури розробляється окремо для кожної культури та враховує прийняту технологію, попередники і наявний комплекс технічних засобів. Якщо господарство використовує декілька технологій вирощування, то для кожної із них складається окрема технологічна карта. План механізованих робіт включає 23 графи, у яких містяться технологічні, технічні та економічні показники виконання кожної операції.

У перших графах технологічної карти вказуються:

- назва технологічної операції;
- агротехнічні вимоги;
- одиниці обліку виконаних робіт;
- загальний обсяг робіт.

Далі виконується підбір складу машинно-тракторних агрегатів для виконання кожної операції відповідно до наявної техніки господарства. У разі створення нового підприємства перелік технічних засобів формується з урахуванням фінансових можливостей та виробничих потреб.

Після визначення складу МТА встановлюються основні техніко-експлуатаційні показники роботи агрегатів:

- норма виробітку;

- витрата пального;
- продуктивність;
- затрати праці.

Ці показники визначаються на основі нормативів господарства або типових норм для сільськогосподарських робіт.

Для прикладу наведемо розрахунок показників технологічної карти при виконанні сівби соняшнику агрегатом у складі трактора Case IH JX110 та сівалки Gaspardo MTR-8.

Годинну продуктивність агрегату визначають за формулою:

$$W_{\text{год}} = \frac{W_{\text{зм}}}{T_{\text{зм}}}$$

де $W_{\text{год}}$ – виробіток за годину роботи, га/год; $W_{\text{зм}}$ – виробіток за зміну; $T_{\text{зм}}$ – тривалість зміни, год.

За умови, що змінний виробіток становить 30,1 га за 7-годинну зміну, отримаємо: $W_{\text{год}} = 30,1/7 = 4,3$ га/год

Добову продуктивність агрегату визначають за формулою:

$$W_{\text{доб}} = W_{\text{год}} \cdot T_{\text{доб}}$$

де $T_{\text{доб}}$ – тривалість роботи агрегату протягом доби.

При 14-годинному режимі роботи маємо: $W_{\text{доб}} = 4,3 \cdot 14 = 60,2$ га/добу.

Кількість необхідних агрегатів для своєчасного виконання сівби визначають за виразом:

$$n = \frac{Q}{W_{\text{доб}} \cdot D_p}$$

де Q – загальний обсяг робіт, га; D_p – агротехнічний строк виконання робіт, діб.

При площі посіву 220 га та терміні виконання 4 доби отримаємо: $n = 220/(60,2 \cdot 4) = 0,91$.

Отже, для виконання операції достатньо одного посівного агрегату.

Питомі витрати пального визначаються множенням нормативної витрати палива на густину дизельного пального:

$$g = g_1 \cdot \rho$$

де g_1 – нормативна витрата пального, л/га; ρ – густина дизельного пального.

За витрати 4,6 л/га та густини 0,84 кг/л маємо: $g = 4,6 \cdot 0,84 = 3,86$ кг/га.

Загальна потреба у пальному для виконання сівби визначається як добуток питомої витрати пального на площу робіт:

$$G = g \cdot Q$$

Після підстановки значень отримаємо: $G = 3,86 \cdot 220 = 849,2$ кг.

Питомі затрати праці визначають за формулою:

$$Z_{\Pi} = \frac{m_{\text{мех}} + m_{\text{доп}}}{W_{\text{год}}}$$

де $m_{\text{мех}}$ – кількість механізаторів; $m_{\text{доп}}$ – кількість допоміжного персоналу.

При одному механізаторі та одному допоміжному працівнику маємо: $Z_{\Pi} = (1+1)/4,3 = 0,465$ люд·год/га

Кількість нормо-змін, необхідних для виконання сівби, визначається за формулою:

$$H_{\text{зм}} = \frac{Q}{W_{\text{зм}}}$$

Для заданих умов: $H_{\text{зм}} = 220 / 30,1 = 7,31$ нормо·змін.

Аналогічні розрахунки виконуються і для інших технологічних операцій вирощування соняшнику. Отримані результати заносяться до технологічної карти та використовуються для планування роботи машинно-тракторного парку господарства.

2.2 Організація взаємодії збиральних і транспортних засобів

Розв'язання логістичних завдань під час організації збирально-транспортного комплексу робіт дає можливість суттєво скоротити простої зернозбиральної техніки та підвищити ефективність використання транспортних засобів. Для цього необхідно попередньо визначити основні техніко-технологічні параметри функціонування окремих елементів збирально-транспортної ланки та забезпечити їх узгоджену роботу.

Насамперед виконуємо визначення необхідної кількості зернозбиральних комбайнів, які здатні забезпечити своєчасне збирання врожаю соняшнику на запланованій площі.

Кількість зернозбиральних комбайнів визначаємо за формулою:

$$n = \frac{Q}{W_{\text{доб}} \cdot D_p}$$

де n – необхідна кількість зернозбиральних машин, од.; Q – площа збирання соняшнику, га; $W_{\text{доб}}$ – добова продуктивність комбайна, га/добу; D_p – агротехнічний строк виконання збирання, діб.

Відповідно до прийнятого плану посіву соняшнику, площа збирання становить 220 га. Для виконання збиральних робіт обираємо зернозбиральний комбайн Case 2388, обладнаний жаткою MacDon FD-75 для збирання соняшнику. Планову добову продуктивність даного агрегату приймаємо на рівні 45 га/добу. Агротехнічний строк проведення збирання встановлюємо 10 діб.

Підставляючи вихідні дані у формулу, отримуємо: $n = 220/45 \cdot 10 = 0,49$.

Отже, для своєчасного проведення збирання соняшнику достатньо одного комбайна Case 2388.

Наступним етапом є визначення обсягу врожаю, який необхідно транспортувати від поля до місця зберігання.

Добовий обсяг насіння соняшнику, що підлягає перевезенню, визначаємо за формулою:

$$M = W_{\text{доб}} \cdot q \cdot n$$

де q – прогнозована врожайність соняшнику, т/га.

Для розрахунків приймаємо врожайність соняшнику 2,5 т/га.

Після підстановки значень маємо: $M = 45 \cdot 2,5 \cdot 1 = 112,5$ т.

Для перевезення врожаю обираємо вантажні автомобілі КамАЗ-45144 вантажопідйомністю 15 т. Далі виконуємо визначення необхідної кількості транспортних засобів для забезпечення безперервної роботи збирально-транспортного комплексу.

Спочатку визначаємо тривалість одного транспортного циклу (рейсу) автомобіля:

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{рух}} + t_{\text{зав}} + t_{\text{зв}} + t_{\text{роз}}$$

де $t_{\text{рух}}$ – час руху автомобіля від поля до місця зберігання та у зворотному напрямку; $t_{\text{зав}}$ – час завантаження транспортного засобу; $t_{\text{зв}}$ – витрати часу на зважування та контрольні операції; $t_{\text{роз}}$ – час розвантаження автомобіля.

Для більшості сучасних комбайнів тривалість повного вивантаження бункера становить близько 3 хвилин. Час на контрольні операції приймаємо 5 хвилин, а на розвантаження – 4 хвилини.

Тривалість руху транспортного засобу визначаємо за формулою:

$$t_{\text{рух}} = \frac{62.5 \cdot l_{\text{г}}}{v_{\text{г}} \cdot \alpha}$$

де $l_{\text{г}}$ – відстань перевезення врожаю, км; $v_{\text{г}}$ – технічна швидкість руху автомобіля, км/год; α – коефіцієнт використання пробігу.

Максимальну відстань перевезення приймаємо 7 км. Для руху ґрунтовими дорогами технічну швидкість автомобіля КамАЗ-45144 приймаємо 25 км/год. Коефіцієнт використання пробігу становить 0,5.

Після підстановки значень маємо:

$$t_{\text{рух}} = \frac{62.5 \cdot 7}{25 \cdot 0.5} = 35 \text{ хв}$$

Оскільки об'єм кузова транспортного засобу перевищує об'єм бункера комбайна, необхідно визначити кількість бункерів, які можуть бути завантажені за один рейс.

Кількість бункерів визначаємо за виразом:

$$n_{\text{б}} = \frac{V_{\text{а}}}{V_{\text{к}}}$$

де $V_{\text{а}}$ – об'єм кузова автомобіля; $V_{\text{к}}$ – об'єм бункера комбайна.

Для автомобіля КамАЗ-45144 об'єм кузова становить 19 м³, а об'єм бункера комбайна Case 2388 – 8,3 м³.

Після розрахунку отримуємо: $n_{\text{б}} = 19/8,3 = 2,29$.

Таким чином, автомобіль може перевозити два бункери комбайна за один рейс.

Для визначення часу повного завантаження автомобіля використовуємо вираз:

$$t_{\text{зав}} = t'_{\text{зав}} \cdot n_6 + t_{\text{пер}}(n_6 - 1)$$

Час наповнення одного бункера комбайна визначається формулою:

$$t_{\text{нап}} = \frac{K_{\text{в}} \cdot V_6 \cdot \gamma \cdot 600}{g_3 \cdot B_p \cdot V_p}$$

де $K_{\text{в}}$ – коефіцієнт використання часу; V_6 – об'єм бункера комбайна; γ – насипна щільність насіння; g_3 – урожайність; B_p – ширина захвату жатки; V_p – робоча швидкість комбайна.

Для розрахунків приймаємо: $K_{\text{в}}=1,1$; $\gamma=0,4$ т/м³; $g_3=2,5$ т/га; $B_p=7,6$ м; $V_p=6,3$ км/год.

Після підстановки значень отримуємо: $t_{\text{нап}}=19$ хв

Отже, повний час завантаження транспортного засобу становитиме:
 $t_{\text{зав}}=3 \cdot 2 + 19 = 25$ хв.

Тривалість одного транспортного циклу становитиме:
 $t_{\text{ц}}=35+25+5+4=69$ хв.

Оскільки тривалість транспортного циклу перевищує час наповнення бункера комбайна, для забезпечення безперебійної роботи необхідно використовувати два автомобілі КамАЗ-45144. Це дозволяє уникнути простоїв збиральної техніки та забезпечити ритмічне перевезення врожаю.

Маса насіння з двох бункерів комбайна становить близько 6,7 т, що не перевищує вантажопідйомність автомобіля.

Кількість рейсів, які може виконати транспортний засіб протягом доби, визначаємо за формулою:

$$n_p = \frac{T_{\text{доб}}}{t_{\text{ц}}}$$

При тривалості роботи 600 хв за добу маємо: $n_p=600/69=9$ рейсів.

Добовий обсяг перевезень одним автомобілем визначаємо:

$$M_1 = n_p \cdot Q_{\text{г}}$$

де $Q_{\text{г}}$ – маса врожаю за один рейс.

Отримуємо: $M_1=9 \cdot 6,7=60,3$ т.

Необхідна кількість автомобілів становить: $n=112,5/60,3=2$

Отже, для забезпечення безперебійної роботи збирально-транспортної ланки достатньо двох автомобілів КамАЗ-45144.

Далі визначаємо загальний обсяг врожаю соняшнику:

$$U = A \cdot q$$

де A – площа вирощування культури.

 ПЛОЩА ВИРОЩУВАННЯ 220 га  УРОЖАЙНІСТЬ 2,5 т/га  АГРОТЕХНІЧНИЙ СТРОК ЗБИРАННЯ 10 діб								
№ з/п	НАЗВА ОПЕРАЦІЇ	ТЕРМІН ВИКОНАННЯ	АГРЕГАТ (МАРКА, МОДЕЛЬ)	ОДИНИЦІ ВМІРУ	ОБСЯГ РОБІТ	ПРОДУКТИВНІСТЬ ЗА ЗМІНУ	КІЛЬКІСТЬ АГРЕГАТІВ	ПРИМІТКА
1	Дискування післязимова решток	Середина серпня	ХТЗ-17021 + БДФП-4,2	га	220	28–32 га	1	Глибина 10–15 см
2	Внесення азоту з культивування	Початок – середина вересня	ХТЗ-17021 + КПС-4	га	220	20–24 га	1	Норма азоту 110–120 кг/га
3	Боронування ранньою весною	Рання весна	ХТЗ-17021 + БЗС-1,0	га	220	35–40 га	1	Закриття борони
4	Передпосівна культивування	Перед сівом	Case IH JX110 + Case IH 4500	га	220	18–22 га	1	Глибина 6–8 см
5	Сів соняшнику	Квітень (оптимізація строку)	Case IH JX110 + Gasparto MTR-8	га	220	25–30 га	1	Норма висіву 60–65 тис. з/га
6	Внесення гербіциду Гезагард	До появи сходів	Обприскувач (примігач) + трактор	га	220	50–60 га	1	Норма 0,5–0,6 л/га
7	Внесення гербіциду Селект	Через 25–30 днів після сіву	Обприскувач (примігач) + трактор	га	220	50–60 га	1	Норма 1,0–1,2 л/га
8	Внесення фунгіциду Пілор	Вже бутонізації – цвітіння	Обприскувач (примігач) + трактор	га	220	50–60 га	1	Норма 0,5–0,6 л/га
9	Збирання соняшнику	Серпень – вересень	Case 2388 + жатка MacDon FD-75	га	220	40–50 га	1	Висота косіння 12–14 %
10	Перевезення врожаю	Під час збирання	КамАЗ-45144 (самосуд)	т	550 т	60 т/добу (на 1 авто)	2	Обсяг 60 добу на період збирання
ЗАДІЯНА ТЕХНІКА								
 ХТЗ-17021 Трактор  БДФП-4,2 Дискова борона  Case IH JX110 Трактор  Case IH 4500 Культиватор  Gasparto MTR-8 Сівальна машина  Case 2388 Комбайн зернозбиральний  MacDon FD-75 Жатка для соняшнику  КамАЗ-45144 Самосуд								
КЛЮЧОВІ ПОКАЗНИКИ								
 Площа вирощування 220 га  Урожайність 2,5 т/га  Валовий збір 550 т  Агroteхнічний строк збирання 10 діб  Витрати пального на перевезення 0,64 кг/т  Продуктивність комбайна 45 га/добу  Необхідна кількість автомобілів 2 од.								
ПЕРЕВАГИ ТЕХНОЛОГІЇ								
 Оптимізація кількості оброблених ґрунту  Збалансованість екології та структури ґрунту  Рациональне використання палива  Висока продуктивність і рентабельність  Зменшення витрат пального та ресурсів								
РЕЗУЛЬТАТ								
 Забезпечення своєчасного виконання усіх технологічних операцій, отримання високого врожаю та економічно ефективного виробництва соняшнику.								

Рисунок 2.1 – План механізованих робіт вирощування соняшнику

Після розрахунку маємо: $U=220 \cdot 2,5=550$ т.

Загальна кількість рейсів транспортних засобів: $n_{\text{заг}}=550/6,7=82$ рейси.

Сумарний пробіг автомобілів визначаємо за формулою:

$$L = n_{\text{заг}} \cdot l_{\Gamma} \cdot 2$$

Отримуємо: $L=82 \cdot 7 \cdot 2=1148$ км

Загальний обсяг транспортної роботи:

$$P = n_{\text{заг}} \cdot l_{\Gamma} \cdot Q_{\Gamma}$$

Після розрахунку: $P=82 \cdot 7 \cdot 6,7=3845,8$ т · км.

Витрати пального на перевезення врожаю визначаємо:

$$W_6 = \frac{q_{\text{л}} \cdot L + q_{\text{ткм}} \cdot P}{100}$$

Для КамАЗ-45144 приймаємо:

- лінійну норму витрати пального – 32 л/100 км;
- додаткову витрату на транспортну роботу – 1,3 л/100 т·км.

Після підстановки значень маємо: $W_6 = (32 \cdot 1148 + 1,3 \cdot 3845,8) / 100 = 417,2$ л.

Питомі витрати пального на перевезення однієї тонни врожаю становлять:
 $q_{\text{т}} = (417,2 \cdot 0,84) / 550 = 0,64$ кг/т.

Отримані показники роботи збирально-транспортного комплексу заносяться до технологічної карти вирощування соняшнику та використовуються для подальшого планування роботи машинно-тракторного парку господарства.

2.3 Висновки з розділу

У результаті проведеної розробки плану механізованих робіт виробництва соняшнику сформовано комплекс технологічних операцій, який забезпечує своєчасне та якісне виконання всіх етапів вирощування культури. Запропонована технологія базується на застосуванні мінімального обробітку ґрунту, сучасних машинно-тракторних агрегатів і високопродуктивної техніки, що дозволяє знизити витрати пального, скоротити кількість проходів техніки по полю та підвищити ефективність виробництва.

Для виконання основних технологічних операцій обрано сучасні технічні засоби: трактори ХТЗ-17021 та Case IH JX110, сівалку точного висіву Gaspardo MTR-8, зернозбиральний комбайн Case 2388 із жаткою MacDon FD-75, а також транспортні автомобілі КамАЗ-45144. Використання даної техніки забезпечує високу продуктивність, точність виконання технологічних процесів та дотримання агротехнічних вимог.

У процесі розробки технологічної карти визначено склад машинно-тракторних агрегатів, їх продуктивність, потребу в паливі, затрати праці та необхідну кількість техніки для своєчасного виконання робіт. Проведені розрахунки показали, що для збирання соняшнику на площі 220 га достатньо одного комбайна Case 2388 та двох автомобілів КамАЗ-45144 для організації безперебійного перевезення врожаю.

Розроблений план механізованих робіт дозволяє забезпечити ефективне використання технічних ресурсів господарства, мінімізувати простої техніки, зменшити експлуатаційні витрати та створити передумови для отримання високої врожайності соняшнику.

З УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРОСАПНОЇ СІВАЛКИ ТОЧНОГО ВИСІВУ

3.1 Конструктивно-технологічна характеристика просапної сівалки точного висіву

Однією з найважливіших технологічних операцій при вирощуванні сояшнику є сівба, від якості виконання якої значною мірою залежить рівномірність сходів, густота стояння рослин та формування майбутнього врожаю. Для забезпечення точного висіву насіння сояшнику у сучасному сільськогосподарському виробництві широко використовуються просапні сівалки точного висіву, які забезпечують рівномірне розміщення насіння у рядку, дотримання встановленої глибини загортання та оптимальної норми висіву.

Для виконання сівби сояшнику у даному проєкті розглядається просапна сівалка точного висіву, яка призначена для пунктирного висіву насіння просапних культур із заданою шириною міжрядь. Сівалка забезпечує високу точність дозування насіння та стабільність технологічного процесу навіть за підвищених робочих швидкостей.

Сівалка складається з основних конструктивних вузлів: несучої рами; посівних секцій; пневматичної системи висіву; вентилятора; транспортних та опорно-приводних коліс; системи передачі приводу; маркерів; насіннєвих бункерів; сошникової групи; загортачів та прикочувальних елементів.

Основою конструкції сівалки є міцна металева рама, на якій закріплені всі робочі органи та допоміжні механізми машини. Рама забезпечує жорсткість конструкції, рівномірний розподіл навантаження та стійкість сівалки під час роботи.

На рамі розміщено 12 посівних секцій, які кріпляться за допомогою паралелограмної підвіски. Така конструкція дозволяє кожній секції незалежно копіювати рельєф поверхні поля та підтримувати постійну глибину загортання насіння, що є особливо важливим при вирощуванні сояшнику.

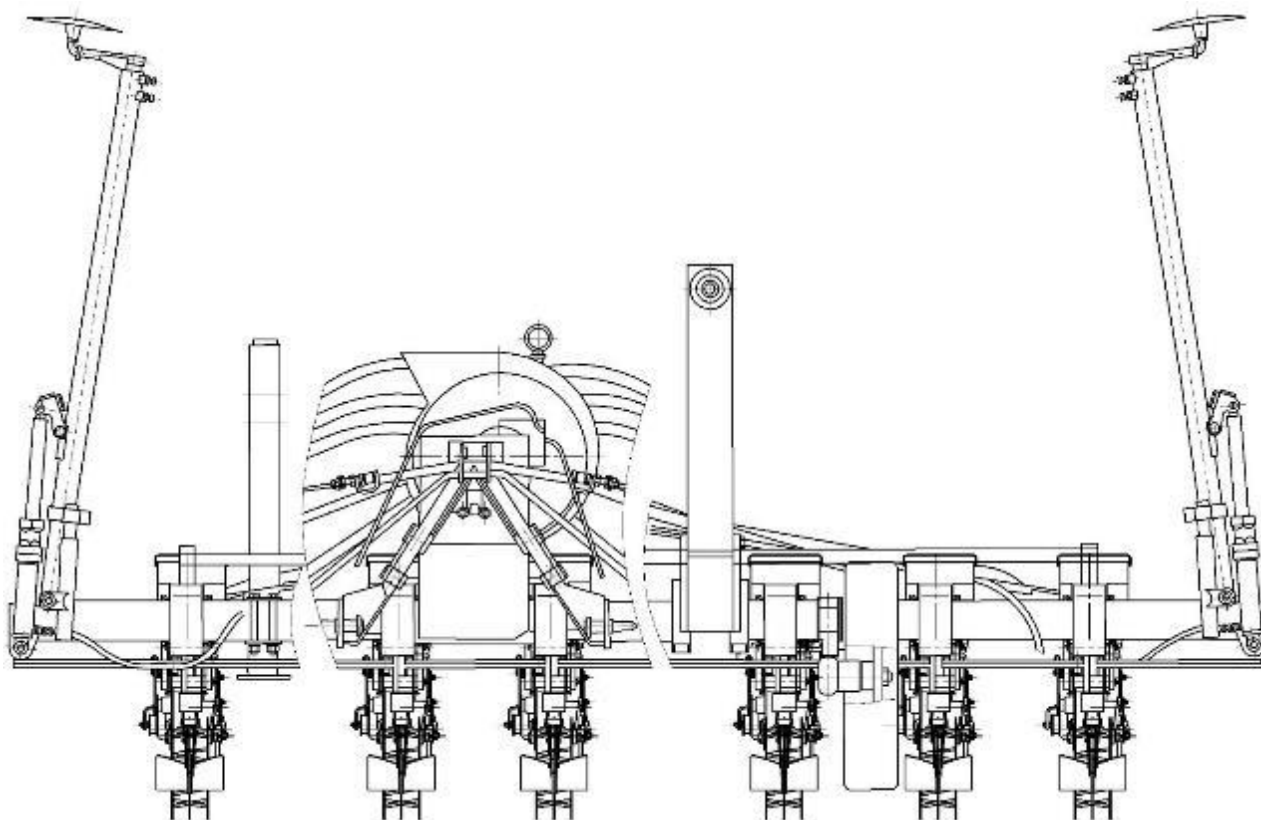


Рисунок 3.1 – Схема просапної сівалки точного висіву

Кожна посівна секція містить: насіннєвий бункер; пневматичний висівний апарат; сошник; систему контролю глибини; загортач; прикочувальні елементи.

Насіннєвий бункер призначений для зберігання та подачі насіння до висівного апарата. Конструкція бункера забезпечує безперервне надходження насіння до висівного механізму та мінімізує пошкодження посівного матеріалу.

Основним робочим органом сівалки є пневматичний висівний апарат. Його конструкція включає барабан та змінний висівний диск, який обертається синхронно із приводом машини. Вентилятор, що приводиться у дію від валу відбору потужності трактора, створює розрідження повітря, завдяки чому насіння притискається до отворів висівного диска.

Для забезпечення точного однозернового висіву в конструкції передбачені спеціальні скидачі насіння, які регулюються залежно від калібру насіння соняшнику. Вони запобігають одночасному захопленню двох або більше насінин. Преривач висівного апарата забезпечує своєчасне відокремлення насіння від диска та його точне укладання у висівну борозну.

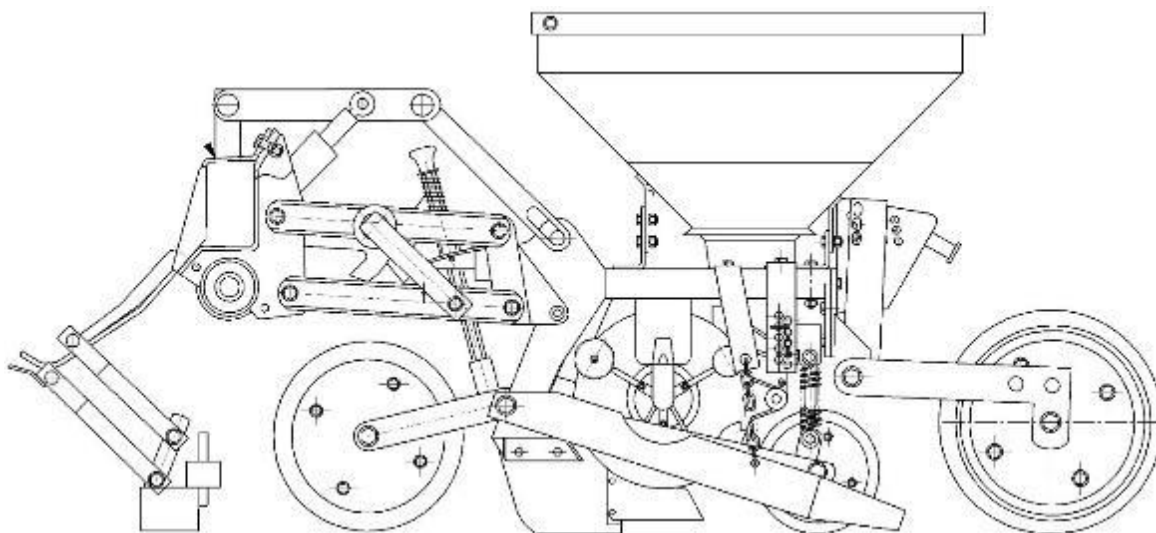


Рисунок 3.2 – Схема посівної секції просапної сівалки точного висіву

Використання пневматичного принципу дозування забезпечує: високу точність висіву; рівномірне розміщення насіння; зменшення кількості пропусків та двійників; дотримання заданої норми висіву; стабільну роботу на підвищених швидкостях.

Особливе значення при сівбі соняшнику має дотримання глибини загортання насіння. Для цього кожна секція обладнана індивідуальними опорно-регульовальними колесами, які забезпечують стабільне копіювання поверхні поля та підтримання заданої глибини висіву.

Сошники сівалки виконані анкерного типу. Вони формують посівну борозну необхідної глибини та створюють умови для укладання насіння на ущільнений вологий шар ґрунту. Анкерні сошники характеризуються простотою конструкції, надійністю роботи та низьким тяговим опором.

Для очищення посівної борозни від грудок ґрунту та рослинних решток на секціях встановлені комковідвідні щитки. Це сприяє покращенню якості укладання насіння та забезпечує рівномірність сходів.

Після висіву насіння загортається ґрунтом за допомогою загортачів, а прикочувальні елементи ущільнюють ґрунт над насіниною. Це покращує контакт насіння з ґрунтом та сприяє надходженню вологи до насіння, що забезпечує швидке проростання.

Важливим елементом конструкції є система передачі приводу висівних апаратів. Привід здійснюється від опорно-приводних коліс через редуктори та систему зірочок. Така схема забезпечує синхронність роботи висівних апаратів із швидкістю руху агрегату та стабільність норми висіву.

Сівалка обладнана транспортними колесами та транспортною сницею, що забезпечує зручність транспортування машини дорогами загального користування та маневреність агрегату.

Для контролю прямолінійності руху агрегату під час сівби використовуються маркери, які формують орієнтовну лінію проходу для наступного проходу сівалки. Це дозволяє уникнути перекриттів та пропусків між проходами.

Під час роботи вентилятор пневматичної системи приводиться у дію від валу відбору потужності трактора із частотою обертання 540 об/хв. Сівалка агрегатується із тракторами потужністю від 60 кВт.

Просапна сівалка забезпечує виконання сівби соняшнику із шириною міжрядь 45 см. Конструкцією передбачена можливість регулювання міжряддя у межах від 45 до 90 см, що дозволяє адаптувати машину до різних технологій вирощування просапних культур.

Робоча ширина захвату сівалки становить 5,4–6 м залежно від налаштування міжряддя. Кількість рядків – 12. Продуктивність агрегату може становити 2,7–5,4 га/год, що забезпечує високу ефективність виконання посівних робіт у стислі агротехнічні строки.

Глибина загортання насіння регулюється у межах 2–6 см залежно від типу ґрунту та вологості посівного шару. Для соняшнику оптимальною є глибина висіву 5–6 см, що забезпечує дружні та рівномірні сходи.

Об'єм насіннєвого бункера становить 0,254 м³, що забезпечує достатній запас насіння для тривалої безперервної роботи агрегату без частих зупинок на дозавантаження.

Транспортні габарити сівалки становлять $7,4 \times 1,9 \times 2,1$ м, а робочі – $6 \times 1,55 \times 2,1$ м. Це забезпечує зручність транспортування та експлуатації машини в польових умовах.

Однією з важливих переваг сівалки є простота конструкції та надійність роботи. Використання пневматичної системи висіву дозволяє досягти високої точності розміщення насіння соняшнику у рядку та забезпечити рівномірність густоти стояння рослин.

До основних переваг сівалки можна віднести:

- високу точність пунктирного висіву;
- рівномірність загортання насіння;
- можливість регулювання міжрядь;
- простоту технічного обслуговування;
- надійність конструкції;
- високу продуктивність;
- стабільність роботи на різних типах ґрунтів;
- зменшення перевитрати насіння.

Використання сівалки точного висіву при вирощуванні соняшнику дозволяє забезпечити оптимальну густоту стояння рослин, покращити умови їх розвитку та створити передумови для отримання високого врожаю культури. Завдяки точному дозуванню насіння та стабільності технологічного процесу забезпечується ефективне використання посівного матеріалу та підвищення економічної ефективності виробництва соняшнику.

3.2 Визначення конструктивно-геометричних посівної секції

Посівна секція є одним із головних робочих елементів просапної сівалки точного висіву, від конструктивних параметрів якої залежить якість виконання технологічного процесу сівби соняшнику. Основними вимогами до посівної секції є забезпечення стабільної глибини загортання насіння, рівномірності його

розміщення у рядку, надійного копіювання рельєфу поля та створення оптимальних умов для проростання насіння.

Під час розрахунку конструктивних параметрів посівної секції необхідно визначити: ширину міжряддя; крок висіву насіння; продуктивність секції; параметри висівного диска; об'єм насіннєвого бункера; навантаження на сошникову групу; параметри прикочувальних коліс; необхідну потужність приводу висівного апарата.

Для вирощування соняшнику приймаємо ширину міжряддя 70 см, що відповідає сучасним технологічним вимогам вирощування культури. Така ширина міжряддя забезпечує оптимальну площу живлення рослин та можливість проведення міжрядного обробітку.

Норму висіву насіння соняшнику приймаємо 50 тис. насінин на гектар. Відстань між насінинами у рядку визначаємо за формулою:

$$l = \frac{10000}{N \cdot b}$$

де l – відстань між насінинами у рядку, м;

- (N) – норма висіву, шт./га;
- (b) – ширина міжряддя, м.

Після підстановки значень маємо: $l = 10000/50000 \cdot 0,7 = 0,286$ м.

Отже, відстань між насінинами у рядку становить близько 28,6 см.

Кількість насінин, які висіваються однією секцією за секунду, визначаємо залежно від робочої швидкості агрегату. Робочу швидкість сівби приймаємо 8 км/год.

Лінійну швидкість руху агрегату визначаємо: $V = 8/3,6 = 2,22$ м/с.

Частоту подачі насіння визначаємо за формулою:

$$n = \frac{V}{l}$$

Після розрахунку отримуємо: $n = 2,22/0,286 = 7,76$ нас./с

Таким чином, одна посівна секція повинна забезпечувати висів приблизно 8 насінин за секунду.

Для забезпечення точного висіву соняшнику використовують пневматичний висівний апарат із вакуумним дозуванням. Одним із головних параметрів висівного апарата є діаметр висівного диска.

Діаметр висівного диска визначається з умови забезпечення необхідної частоти висіву та допустимої кутової швидкості обертання диска. Для сівалок точного висіву рекомендований діаметр диска становить 180–240 мм. Для розрахунків приймаємо: $D = 220$ мм.

Кількість отворів на висівному диску визначаємо з умови рівномірного розподілу насіння. Для соняшнику зазвичай використовують диски із 20–24 отворами. Приймаємо 22 отвори.

Частоту обертання висівного диска визначаємо за формулою:

$$n_d = \frac{60 \cdot n}{z}$$

де n_d – частота обертання диска, об/хв; z – кількість отворів на диску.

Після підстановки значень маємо: $n_d = (60 \cdot 7,76) / 22 = 21,2$ об/хв.

Отримане значення відповідає допустимому режиму роботи пневматичного висівного апарата.

Важливим параметром посівної секції є об'єм насіннєвого бункера. Його величина повинна забезпечувати безперервну роботу сівалки протягом тривалого часу без дозаправлення.

Місткість бункера визначаємо за формулою:

$$V_6 = \frac{Q \cdot t}{\gamma}$$

де Q – годинна витрата насіння, кг/год; t – тривалість роботи без дозаправлення, год; γ – насипна густина насіння.

Норму висіву насіння соняшнику приймаємо 6 кг/га. Продуктивність сівалки становить 4,5 га/год. Тоді годинна витрата насіння дорівнює: $Q = 6 \cdot 4,5 = 27$ кг/год.

При тривалості роботи без дозаправлення 1,5 год та насипній густині насіння 420 кг/м³ маємо: $V_6 = (27 \cdot 1,5) / 420 = 0,096$ м³.

Отже, мінімальний об'єм насіннєвого бункера повинен становити не менше 0,1 м³.

Для забезпечення стабільної глибини загортання насіння необхідно визначити навантаження на сошникову групу. Тиск секції на ґрунт повинен забезпечувати стабільний рух сошника та формування якісної посівної борозни.

Необхідне вертикальне навантаження визначаємо:

$$P = q \cdot b$$

де q – питомий тиск на ґрунт; b – ширина захвату сошника.

Для анкерного сошника питомий тиск приймаємо 1,8 кН/м, а ширину сошника – 0,05 м.

Після розрахунку маємо: $P = 1,8 \cdot 0,05 = 0,09$ кН.

Отже, навантаження на сошникову секцію повинно становити не менше 90 Н.

Для ущільнення ґрунту після висіву використовуються прикочувальні колеса. Їх діаметр вибирається залежно від умов роботи та глибини висіву. Для посіву соняшнику рекомендується застосовувати прикочувальні колеса діаметром 300–350 мм. У розрахунках приймаємо: $D_k = 320$ мм.

Ширина прикочувального колеса приймається у межах 40–60 мм. Для забезпечення якісного ущільнення ґрунту приймаємо: $B_k = 50$ мм.

Потужність, необхідну для приводу висівного апарата, визначаємо за формулою:

$$N = \frac{M \cdot \omega}{1000}$$

де M – крутний момент приводу; ω – кутова швидкість.

Для пневматичних висівних апаратів крутний момент приймаємо 4 Н·м, а кутову швидкість:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}$$

Після підстановки значень маємо:

$$\omega = \frac{2\pi \cdot 21.2}{60} = 2.22 \text{ рад/с}$$

Отримані результати свідчать, що конструктивні параметри посівної секції забезпечують стабільне виконання технологічного процесу сівби соняшнику із заданою точністю та продуктивністю.

Таким чином, у результаті виконаних розрахунків визначено основні конструктивні параметри посівної секції просапної сівалки точного висіву для вирощування соняшнику. Прийняті параметри забезпечують рівномірне розміщення насіння у рядку, стабільну глибину загортання, надійну роботу висівного апарата та створюють умови для отримання дружних сходів і високої врожайності культури.

3.3 Розрахунок міцності вузлів і деталей

Під час роботи просапної сівалки точного висіву на вал висівного апарата діють змінні навантаження, що виникають у процесі передачі крутного моменту, обертання висівного диска та взаємодії робочих органів із насінням соняшнику. Тому одним із важливих етапів проєктування є перевірка вала на міцність при згині.

Для розрахунку приймаємо, що вал працює як двоопорна балка з прикладеним навантаженням від елементів приводу та висівного апарата сівалки.

Визначення реакцій опор. Реакції опор визначаємо із рівнянь рівноваги:

$$\sum M=0; \quad \sum Y=0$$

Після виконання розрахунків визначаємо значення опорних реакцій:

$$R_A=125 \text{ Н}; R_B=125 \text{ Н}$$

Отримані значення свідчать про симетричний характер навантаження вала посівної секції.

Далі виконуємо побудову епюри поперечних сил.

Для ділянки:

$$0 \leq x \leq 0,44 \text{ м}$$

поперечна сила визначається за виразом:

$$Q_x = R_A$$

При: $x=0$ $Q_x=125$ Н

При: $x=0,44$ м $Q_x=-125$ Н

На основі отриманих значень будуюмо епюру поперечних сил для вала посівної секції сівалки.

Після цього виконуємо побудову епюри згинальних моментів.

Згинальний момент визначаємо за формулою:

$$M_x = R_A \cdot x$$

При: $x=0$ $M_x=0$

При: $x=0,44$ м $M_x=0,44$ м

Максимальний згинальний момент виникає у центральному перерізі вала:
 $x=0,22$ м

Тоді: $M_{\max}=27.5$ Н·м.

На основі виконаних розрахунків будуюмо епюру згинального моменту.

Для виготовлення вала посівної секції сівалки обираємо сталь 45, яка широко використовується у сільськогосподарському машинобудуванні завдяки достатній міцності, технологічності та зносостійкості.

Допустиме напруження для сталі 45 приймаємо:

$$[\sigma]=185 \text{ МПа}$$

Перевірку міцності вала при згині виконуємо за формулою:

$$\sigma_{\max} = M_{\max} / W$$

де $M_{\max}$ – максимальний згинальний момент; W – момент опору перерізу вала.

Момент опору круглого перерізу визначаємо:

$$W = \frac{\pi d^3}{32}$$

Для діаметра вала: $d=18$ мм отримуємо: $W=5,72 \cdot 10^{-7}$ м³

Тоді максимальне напруження при згині становитиме: $\sigma_{\max}=48,1$ МПа

Перевіряємо умову міцності: $\sigma_{\max} < [\sigma]$

Після підстановки значень маємо: $48,1 < 185$ МПа

Отже, умова міцності виконується, а вал посівної секції сівалки працюватиме у допустимому режимі без виникнення небезпечних деформацій та руйнування.

Проведені розрахунки підтверджують, що обрана конструкція вала забезпечує достатню жорсткість і міцність при роботі просапної сівалки точного висіву під час сівби соняшнику. Це гарантує надійну роботу висівного апарата, стабільність технологічного процесу та довговічність конструкції посівної секції.

3.4 Висновки з розділу

У результаті виконаного удосконалення конструкції просапної сівалки точного висіву розглянуто особливості будови та роботи посівної секції, визначено основні конструктивно-технологічні параметри та проведено розрахунок її основних елементів. Встановлено, що застосування пневматичного висівного апарата забезпечує високу точність дозування насіння соняшнику, рівномірність його розміщення у рядку та стабільність глибини загортання.

У ході розрахунків визначено оптимальні параметри посівної секції, зокрема ширину міжряддя, відстань між насінинами у рядку, параметри висівного диска, місткість насіннєвого бункера та навантаження на сошникову групу. Отримані результати підтверджують відповідність конструкції агротехнічним вимогам вирощування соняшнику.

Проведений розрахунок вала посівної секції на міцність показав, що максимальні напруження не перевищують допустимих значень для сталі 45, а отже конструкція забезпечує необхідну надійність та довговічність роботи сівалки в польових умовах.

Удосконалена конструкція просапної сівалки точного висіву дозволяє підвищити якість сівби соняшнику, зменшити кількість пропусків і двійників, покращити рівномірність сходів та створити передумови для підвищення врожайності культури. Крім того, використання сучасних конструктивних рішень сприяє зниженню експлуатаційних витрат і підвищенню ефективності використання посівної техніки.

4 РОЗРОБКА ОПЕРАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ СІВБИ

Операційна технологія сівби соняшнику являє собою сукупність агротехнічних, організаційних, технічних та експлуатаційних заходів, спрямованих на високопродуктивне використання машинно-тракторних агрегатів із забезпеченням високої якості виконання посівних робіт. Основною метою розробки операційно-технологічної карти є визначення раціональних режимів роботи агрегатів, їх продуктивності, витрат пального та трудових ресурсів при виконанні сівби соняшнику.

Для розробки операційно-технологічної карти приймаємо наступні вихідні дані. Площа поля, відведеного під вирощування соняшнику, становить 22 га. Довжина гону складає 2500 м, ширина – 2000 м. Тип ґрунту – чорнозем звичайний середньосуглинковий. Середній ухил поверхні поля становить близько 1 %. Попередником соняшнику є озима пшениця, після збирання якої на поверхні поля залишається стерня зернових культур. Питомий опір ґрунту приймаємо 42 кН/м².

Агротехнічними вимогами передбачено проведення сівби у стислі строки з дотриманням оптимальної глибини загортання насіння та рівномірного його розміщення у рядку. Тривалість виконання посівних робіт приймаємо 5 діб у період із 25 квітня по 1 травня.

Для виконання сівби соняшнику обираємо машинно-тракторний агрегат у складі трактора Беларус 1221 та просапної сівалки точного висіву СТВ-12. Робоча ширина захвату агрегату становить 5,4 м. Сівалка забезпечує точний пунктирний висів насіння соняшнику з міжряддям 45 см.

Одним із основних етапів розрахунку є визначення максимально допустимої робочої швидкості руху агрегату з урахуванням потужності двигуна трактора та тягового опору машини.

Максимально допустиму швидкість визначаємо за виразом:

$$V_{max} = \frac{(N_{ен}\eta_{Ne} - N_{ВОМ}\eta_{ВОМ})\eta_{мг}\eta_{\delta}}{R_{м\alpha} + G_{тр}(f + i/100)}$$

де $N_{ен}$ – номінальна потужність двигуна трактора; η_{Ne} – коефіцієнт завантаження двигуна; $\eta_{мг}$ – ККД трансмісії; η_{δ} – коефіцієнт буксування; $R_{ма}$ – тяговий опір машини; $G_{тр}$ – вага трактора; f – коефіцієнт опору коченню; i – ухил поля.

Для трактора номінальна потужність двигуна становить 96 кВт. Коефіцієнт використання потужності приймаємо 0,9. Потужність, яка витрачається на привід вентилятора пневматичної системи сівалки, становить 7,5 кВт.

Механічний ККД трансмісії визначаємо:

$$\eta_{мг} = 0.98^2 \cdot 0.97 = 0.93$$

Тяговий опір посівного агрегату визначаємо:

$$R_{ма} = k_1 \cdot b_1 + G_m \cdot i/100$$

де k_1 – питомий опір робочих органів; b_1 – ширина захвату агрегату; G_m – маса сівалки.

При питомому опорі 1,25 кН/м, ширині захвату 5,4 м та масі машини 15 кН отримуємо:

$$R_{ма} = 1.25 \cdot 5.4 + 15 \cdot 0.01 = 6.9 \text{ кН}$$

Розрахунки показують, що максимально допустима швидкість агрегату перевищує агротехнічно допустимі значення. Для сіви соняшнику приймаємо робочу швидкість: $V_p = 3,2$ м/с

що відповідає приблизно 11,5 км/год.

Ефективну потужність двигуна на робочому режимі визначаємо:

$$N_{ер} = \frac{(R_{ма} + G_{тр}(f + i/100)) \cdot V_p}{\eta_{мг} \eta_{\delta}}$$

Після підстановки значень отримуємо: $N_{ер} = 47,8$ кВт

Коефіцієнт використання потужності двигуна становитиме:

$$\eta_{Nер} = \frac{47.8}{96} = 0.5$$

Отримане значення свідчить про достатній запас потужності трактора під час виконання сіви.

Під час роботи посівний агрегат рухається човниковим способом. Для оцінки ефективності використання часу зміни визначаємо коефіцієнт робочих ходів:

$$\varphi = \frac{L_p}{L_n + 6R_o + 2e}$$

Ширину поворотної смуги визначаємо:

$$E = 2.8R_o + 0.5d_k + e$$

Для агрегату із радіусом повороту 6 м та кінематичною шириною 2,1 м отримуємо: $E=18,3$ м.

Приймаємо ширину поворотної смуги 21 м.

Тоді робоча довжина гону становить:

$$L_p = 2500 - 2 \cdot 21 = 2458 \text{ м}$$

Коефіцієнт робочих ходів дорівнює: $\varphi=0,98$.

Для визначення продуктивності агрегату розраховуємо час одного технологічного циклу. При врахуванні зупинок на завантаження насінням та виконання технологічного обслуговування час циклу становить: $t_{\text{ц}}=0,34$ год/

Кількість циклів роботи агрегату за зміну становить: $n_{\text{ц}}=17$

Продуктивність агрегату за один цикл: $W_{\text{ц}}=1,5$ га/цикл

Коефіцієнт використання часу зміни визначаємо: $\tau=0,52$.

Тоді годинна продуктивність агрегату становить:

$$W_{\text{год}} = 0.36 \cdot 5.4 \cdot 3.2 \cdot 0.52 = 4.7 \text{ га/год}$$

Продуктивність агрегату за зміну дорівнює: $W_{\text{зм}}=24,8$ га/зміну.

Одним із важливих показників ефективності роботи агрегату є витрата пального. Гектарну витрату палива визначаємо з урахуванням витрат на робочому ході, холостих поворотах та під час технологічних зупинок.

Після виконання розрахунків отримуємо питомі витрати пального: $q=3,6$ кг/га.

Отриманий показник свідчить про достатньо високу економічність роботи посівного агрегату.

Затрати праці на виконання сівби визначаємо:

$$Z = \frac{m+n}{W} = 0.31 \text{ люд-год/га}$$

де m – кількість механізаторів; n – кількість допоміжних працівників.

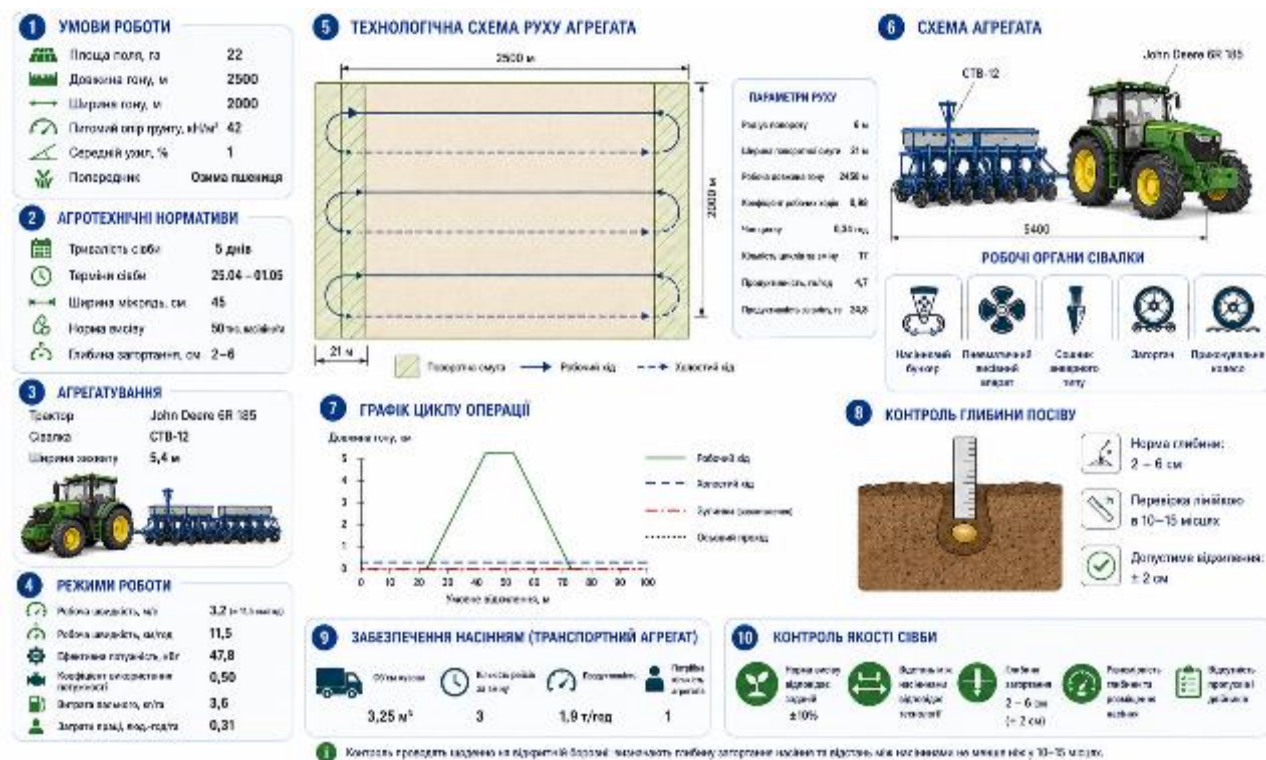


Рисунок 4.1 – Схема виконання технологічної операції – сівби

Для забезпечення безперебійної роботи посівного агрегату виконується розрахунок допоміжного транспортного засобу для підвезення насіння соняшнику. Тривалість одного рейсу транспортного засобу визначаємо з урахуванням: часу руху із вантажем; холостого пробігу; завантаження; розвантаження; допоміжних операцій.

При відстані перевезення 5 км та швидкості руху 22 км/год час рейсу становить: $t_p = 2,6$ год. Кількість рейсів за зміну: $n_p = 3$. Продуктивність транспортного агрегату: $W_{tr} = 1,9$ т/год.

Розрахунки показують, що для своєчасного забезпечення посівного агрегату насінням достатньо одного транспортного засобу.

Таким чином, у результаті розробки операційно-технологічної карти на сівбу соняшнику визначено раціональний склад машинно-тракторного агрегату, оптимальні режими його роботи, продуктивність, витрати пального та трудові затрати. Використання агрегату у складі трактора та сівалки СТВ-12 забезпечує високу якість сівби соняшнику, дотримання агротехнічних вимог та ефективне використання технічних ресурсів господарства.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Під час проведення сівби соняшнику особливе значення має забезпечення безпечних умов праці механізаторів, обслуговуючого персоналу та дотримання вимог екологічної безпеки. Виконання посівних робіт пов'язане з використанням тракторів, просапних сівалок, мінеральних добрив, протруєного насіння та паливно-мастильних матеріалів, що потребує суворого дотримання правил охорони праці та захисту навколишнього середовища.

До виконання механізованих робіт допускаються особи не молодші 18 років, які пройшли медичний огляд, вступний та первинний інструктаж з охорони праці, навчання безпечним методам роботи та мають посвідчення тракториста-машиніста відповідної категорії. Перед початком роботи механізатор зобов'язаний перевірити технічний стан машинно-тракторного агрегату, справність гальмівної системи, рульового керування, світлової та звукової сигналізації, стан шин, гідравлічної системи, наявність захисних кожухів та огорожень рухомих частин.

Під час виконання сівби соняшнику агрегатом у складі трактора John Deere 6R 185 та сівалки СТВ-12 особливу увагу необхідно приділяти справності пневматичної системи висівного апарата, герметичності шлангів та надійності кріплення робочих органів. Забороняється виконувати регулювання, очищення або ремонт сівалки при працюючому двигуні трактора чи увімкненому валу відбору потужності.

Перед запуском агрегату механізатор повинен переконатися у відсутності людей у небезпечній зоні. Під час руху агрегату забороняється:

- перебування сторонніх осіб на сівалці;
- очищення сошників і висівних апаратів вручну;
- виконання поворотів із заглибленими робочими органами;
- робота при несправних гальмах або рульовому керуванні.

Швидкість руху посівного агрегату повинна відповідати агротехнічним вимогам та не перевищувати встановлених значень. Під час транспортування сівалки дорогами загального користування необхідно перевести її у транспортне положення, зафіксувати маркери, перевірити справність освітлення та сигнальних пристроїв.

Особливу небезпеку під час сівби становить контакт із протруєним насінням соняшнику. Насіння, оброблене фунгіцидними та інсектицидними препаратами, може негативно впливати на організм людини. Тому завантаження насіння у бункери сівалки необхідно виконувати у захисному одязі, рукавицях, респіраторах та захисних окулярах. Після завершення роботи працівники повинні ретельно вимити руки та обличчя теплою водою з милом.

Під час роботи з мінеральними добривами слід уникати їх потрапляння на шкіру, в очі та органи дихання. Зберігання добрив і засобів захисту рослин необхідно здійснювати у спеціально обладнаних складських приміщеннях із дотриманням санітарних та протипожежних вимог.

Для запобігання пожежам трактори та сільськогосподарські машини повинні бути укомплектовані вогнегасниками, лопатами та аптечками першої допомоги. Забороняється палити або використовувати відкритий вогонь поблизу місць зберігання пального, мастил та насіння. Під час заправлення техніки двигун трактора повинен бути заглушений.

Важливим напрямом є захист навколишнього середовища при виконанні посівних робіт. Для цього необхідно забезпечити раціональне використання паливно-мастильних матеріалів, запобігати витокам масла, дизельного пального та гідравлічних рідин на поверхню ґрунту. Технічне обслуговування та заправлення машин слід проводити лише у спеціально відведених місцях.

З метою збереження родючості ґрунту та зниження негативного впливу на екосистему рекомендується застосовувати мінімальний обробіток ґрунту, точне дозування мінеральних добрив і засобів захисту рослин. Використання сучасних просапних сівалок точного висіву забезпечує рівномірне розміщення насіння та сприяє зменшенню перевитрати посівного матеріалу.

Для зниження ущільнення ґрунту необхідно дотримуватись постійних технологічних колій та не допускати багаторазових проходів техніки по полю. Після завершення польових робіт залишки насіння, пакування від пестицидів та використані мастильні матеріали повинні утилізуватися відповідно до екологічних норм і правил.

Таким чином, дотримання вимог охорони праці та екологічної безпеки під час сівби соняшнику забезпечує безпечні умови роботи персоналу, підвищує надійність функціонування машинно-тракторних агрегатів, зменшує негативний вплив на навколишнє середовище та сприяє ефективному веденню сільськогосподарського виробництва.

6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОСАПНОЇ СІВАЛКИ ТОЧНОГО ВИСІВУ

Удосконалення просапної сівалки точного висіву СТВ-12 для сівби соняшнику полягає у модернізації посівної секції, встановленні підйомної рамки висівних апаратів, удосконаленні приводу робочих органів та оптимізації конструкції висівного механізму. Запропоновані конструктивні зміни дозволяють зменшити трудомісткість налаштування агрегату, підвищити надійність роботи та покращити коефіцієнт використання часу зміни.

Техніко-економічне оцінювання проводимо для двох варіантів:

- базовий варіант – трактор John Deere 6R 185 + сівалка СТВ-12;
- проєктний варіант – трактор John Deere 6R 185 + модернізована сівалка СТВ-12М.

Вихідні дані наведено у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані для економічного розрахунку

Показник	Базовий варіант	Проектний варіант
Марка трактора	John Deere 6R 185	John Deere 6R 185
Потужність двигуна, кВт	136	136
Маса трактора, кг	7600	7600
Питома витрата палива, кг/кВт·год	0,215	0,215
Вартість трактора, грн	5 800 000	5 800 000
Марка сівалки	СТВ-12	СТВ-12М
Маса сівалки, кг	1470	1560
Вартість сівалки, грн	720 000	805 000
Капіталовкладення у модернізацію, грн	–	85 000
Робоча ширина захвату, м	5,4	5,4
Робоча швидкість, км/год	11,5	12,5
Коефіцієнт використання часу зміни	0,63	0,74
Річне напрацювання агрегату, год	340	340
Вартість дизельного палива, грн/л	58	58
Норма амортизації трактора, %	10	10
Норма амортизації сівалки, %	14	14

Вартість металу для виготовлення конструкції приймаємо 72 грн/кг. При масі додаткових елементів 78 кг витрати на метал становлять:
 $C_M = 72 \cdot 78 = 5616$ грн.

Вартість покупних комплектуючих та гідравлічних елементів становить близько 48 000 грн.

Оплата праці на виготовлення та монтаж модернізованих вузлів:
 $C_{оп} = 420 \cdot 32 = 13440$ грн, де 420 грн/год – середня погодинна ставка; 32 год – трудомісткість виготовлення.

Транспортно-заготівельні витрати приймаємо 12 % від вартості матеріалів і комплектуючих: $C_{тр} = 0,12 \cdot 53616 = 6434$ грн. Інші витрати становлять 11 500 грн.

Загальна собівартість модернізації: $S_{мод} = 85000$ грн

Розрахунок продуктивності агрегату. Годинну продуктивність агрегату визначаємо: $W_{год} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau$.

Для базового агрегату: $W_1 = 0,1 \cdot 5,4 \cdot 11,5 \cdot 0,63 = 3,91$ га/год.

Для модернізованої сівалки: $W_2 = 0,1 \cdot 5,4 \cdot 12,5 \cdot 0,74 = 4,99$ га/год.

Річний обсяг робіт: $W_r = W_{год} \cdot T_r$.

Для базового варіанту: $W_{r1} = 3,91 \cdot 340 = 1329$ га.

Для модернізованого: $W_{r2} = 4,99 \cdot 340 = 1697$ га.

Підвищення продуктивності становить: $\Delta W = 27,6\%$.

Розрахунок трудових витрат. Прямі затрати праці: $T_n = n / W_{год}$

Для базового варіанту: $T_{n1} = 1 / 3,91 = 0,26$ люд·год/га.

Для модернізованого: $T_{n2} = 1 / 4,99 = 0,20$ люд·год/га

Зростання продуктивності праці: $P_{пт} = 30\%$

Матеріаломісткість та енергоємність процесу. Матеріаломісткість процесу:

$$M_e = \frac{1}{W_{год}} \sum \frac{M_j}{T_{rj}}$$

Для базового варіанту: $M_{e1} = 2,8$ кг/га.

Для модернізованого: $M_{e2} = 2,0$ кг/га.

Енергоємність процесу:

$$E_e = \frac{N_e \alpha}{W_{\text{год}}}$$

Для базового агрегату: $E_{e1}=24,4$ кВт·год/га.

Для модернізованого: $E_{e2}=19,1$ кВт·год/га.

Витрата пального. Питомі витрати пального визначаємо:

$$G = \frac{N_e \cdot q \cdot \alpha}{W_{\text{год}}}$$

Для базового агрегату: $G_1=4,8$ кг/га.

Для модернізованого: $G_2=3,9$ кг/га.

Економія пального на річний обсяг робіт: $E_{\text{п}}=1527$ кг.

Експлуатаційні витрати визначаємо як суму: оплати праці; вартості пального; витрат на ТО і ремонт; амортизації; витрат на зберігання; інших витрат.

Таблиця 6.2 – Сумарні експлуатаційні витрати

Показник	Базовий варіант	Модернізований
Оплата праці, грн/га	145	118
Пальне та мастила, грн/га	332	271
ТО і ремонт, грн/га	188	166
Амортизація, грн/га	241	214
Інші витрати, грн/га	67	59
Разом, грн/га	973	828

Зниження експлуатаційних витрат: $I_e=14,9\%$.

Річна економія експлуатаційних витрат: $E_p=246165$ грн.

Річний економічний ефект становить: $D_r=318000$ грн.

Термін окупності капіталовкладень: $T_{\text{ок}}=0,27$ року

Проведені техніко-економічні розрахунки показали, що модернізація просапної сівалки точного висіву СТВ-12 для сівби соняшнику є економічно доцільною. У результаті вдосконалення конструкції підвищується продуктивність агрегату майже на 28 %, зменшуються витрати пального на 18–20 %, знижуються експлуатаційні витрати та трудомісткість виконання технологічної операції.

ВИСНОВКИ

1. Соняшник є однією з основних олійних культур України та має важливе економічне значення завдяки високій рентабельності й значному експортному потенціалу. Встановлено, що врожайність культури значною мірою залежить від якості обробітку ґрунту, дотримання агротехнічних вимог та ефективності проведення сівби. Застосування сучасних просапних сівалок точного висіву забезпечує рівномірне розміщення насіння, оптимальну густоту рослин і стабільне формування врожаю. Використання сучасних технологій вирощування сприяє підвищенню продуктивності та економічної ефективності виробництва соняшнику.

2. У результаті розробки плану механізованих робіт сформовано комплекс технологічних операцій для ефективного вирощування соняшнику із застосуванням мінімального обробітку ґрунту та сучасної техніки. Для виконання робіт використано трактори ХТЗ-17021 і Case IH JX110, сівалку Gaspardo MTR-8, комбайн Case 2388 та автомобілі КамАЗ-45144. Проведені розрахунки показали, що для збирання соняшнику на площі 220 га достатньо одного комбайна та двох транспортних автомобілів. Розроблений план забезпечує своєчасне виконання технологічних операцій, зменшення витрат пального й підвищення ефективності використання техніки.

3. У результаті удосконалення конструкції просапної сівалки точного висіву визначено основні конструктивно-технологічні параметри посівної секції та виконано розрахунок її елементів. Встановлено, що пневматичний висівний апарат забезпечує високу точність висіву насіння соняшнику, рівномірність його розміщення та стабільну глибину загортання. Розрахунки показали, що конструкція відповідає агротехнічним вимогам, а напруження у валі не перевищують допустимих значень для сталі 45, що підтверджує надійність роботи сівалки. Удосконалена конструкція сприяє підвищенню якості сівби, зменшенню пропусків і покращенню рівномірності сходів соняшнику.

4. У результаті розробки операційно-технологічної карти на сівбу соняшнику визначено раціональний склад машинно-тракторного агрегату, оптимальні режими

його роботи, продуктивність, витрати пального та трудові затрати. Використання агрегату у складі трактора та сівалки СТВ-12 забезпечує високу якість сівби соняшнику, дотримання агротехнічних вимог та ефективне використання технічних ресурсів господарства.

5. Проведені техніко-економічні розрахунки показали ефективність модернізації просапної сівалки точного висіву СТВ-12М для сівби соняшнику. У результаті вдосконалення конструкції продуктивність агрегату зросла з 3,91 до 4,99 га/год, або на 27,6 %. Витрата пального зменшилась з 4,8 до 3,9 кг/га, що забезпечує економію близько 1527 кг палива за сезон. Експлуатаційні витрати скоротилися на 145 грн/га, а річна економія коштів становить понад 246 тис. грн. Термін окупності модернізації складає 0,27 року, що підтверджує економічну доцільність впровадження модернізованої сівалки у виробництво.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Aliiev E., Bezverkhni P., Dudin V., Aliieva O. Results of experimental studies on the improved seed delivery system of a pneumatic precision seeder // Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2024. № 2(125). С. 7–15. DOI: 10.37128/2520-6168-2024-2-1.
2. Yaropud V., Honcharuk I., Datsiuk D., Aliiev E. The model for random packaging of small-seeded crops' seeds in the reservoir of selection seeders sowing unit // Agraarteadus, Journal of Agricultural Science. 2022. Vol. XXXIII (1). P. 199–208. DOI: 10.15159/jas.22.08.
3. Алієв Е. Б., Безверхній П. Є. Експериментальні дослідження процесу висіву насіння базовою висівною секцією пневматичної сівалки John Deere 90 Series // Наукові основи адаптивного землеробства : матеріали міжнародної наук.-практ. конф. (16–17 травня 2024 р.). Дніпро : ДДАЕУ, 2024. С. 353–355.
4. Алієв Е. Б., Безверхній П. Є., Алієва О. Ю. Випробування удосконаленої системи подачі насіння пневматичної сівалки точного висіву // Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2024. № 37. С. 127–138. DOI: 10.36710/IOC-2024-37-13.
5. Алієв Е. Б., Безверхній П. Є., Алієва О. Ю. Результати аналітичних досліджень заспокоювача насіння удосконаленої висівної секції пневматичної сівалки // Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2024. № 1(124). С. 73–81. DOI: 10.37128/2520-6168-2024-1-8.
6. Алієв Е. Б., Дудін В. Ю., Безверхній П. Є., Шаповал О. М. Обґрунтування конструктивних параметрів заспокоювача насіння висівної секції пневматичної сівалки // Вібрації в техніці та технологіях. 2024. № 2(113). С. 43–54. DOI: 10.37128/2306-8744-2024-2-5.
7. Брага Е. В., Рожков А. О. Продуктивність посівів соняшника залежно від сполучення різних варіантів ширини міжрядь і норми висіву насіння // Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2026. № 40. С. 85–96. DOI: 10.36710/IOC-2026-40-07.

8. Вожегова Р. А., Нестерчук В. В. Продуктивність гібридів соняшнику залежно від густоти стояння рослин та систем удобрення.
9. Гаврилюк А. Між площею листка соняшнику, освітленістю та ЧПФ є зворотна залежність // AgroTimes. 2023.
10. Гелетуша Г. Г., Драгнєв С. В., Железна Т. А., Баштовий А. І. Перспективи енергетичного використання побічної продукції від вирощування соняшнику : аналітична записка № 25. Київ : UABIO, 2020.
11. Грабовський М. Б. Вплив густоти стояння рослин на прояв господарсько-цінних ознак та продуктивність соняшнику в умовах центрального Лісостепу України // Бюлетень Інституту зернового господарства. 2010. № 38. С. 78–81.
12. Когут І. М., Валентюк Н. О., Щетінікова Л. А. Формування продуктивності соняшнику залежно від густоти стояння рослин в умовах південного Степу України // Таврійський науковий вісник. 2020. Вип. 112. С. 93–98.
13. Кононюк В. Соняшник – провідна культура АПК України. Київ : Агровісник України, 2007. 50 с.
14. Коритник В. М., Бондаренко М. П., Письменний А. Г. Визначення оптимальної густоти стояння рослин залежно від групи стиглості гібридів, строків сівби та ширини міжрядь // Бюлетень Інституту зернового господарства. 2001. № 17. С. 62–64.
15. Маслійов С. В., Степанов В. В., Калініченко М. В., Ярчук І. І. Ріст та розвиток гібридів соняшника залежно від густоти стояння рослин // Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2018. № 4. С. 104–109.
16. Мащенко Ю. В., Соколовська І. М., Ткаліч Ю. І. Продуктивність та економічна ефективність вирощування соняшнику в різних сівозмінах залежно від систем удобрення // Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2025. № 39. С. 116–129. DOI: 10.36710/IOC-2025-39-11.

17. Мінковський А. Є. Реакція гібридів соняшнику на ширину міжрядь, густоту посівів та конкурентоздатність відносно бур'янів // Бюлетень Інституту зернового господарства. 2000. № 14. С. 27–29.
18. Одинець С. І. Вплив варіювання кліматичних факторів на показники продуктивності гібридів соняшника // Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2025. № 38. С. 48–58. DOI: 10.36710/IOC-2025-38-05.
19. Одинець С. І. Реалізація генетичного потенціалу соняшника під впливом кліматичних особливостей вегетаційного року // Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2025. № 39. С. 43–55. DOI: 10.36710/IOC-2025-39-04.
20. Роєнко В. Т., Рожков А. О. Фотосинтетичний потенціал посівів соняшника гібридів різних груп стиглості за впливу передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень // Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2025. № 39. С. 168–183. DOI: 10.36710/IOC-2025-39-15.
21. Ткаліч І. Д., Мамчук О. Л. Способи сівби та густота стояння рослин соняшнику гібрида Дарій // Бюлетень Інституту зернового господарства. 2010. № 38. С. 51–54.
22. Троценко В. І., Жатова Г. О. Етапи формування продуктивності рослин та урожайність посівів соняшнику // Вісник Центру наукового забезпечення агропромислового виробництва Харківської області. 2015. № 18.
23. Федорчук М. І., Ковальов М. А. Продуктивність соняшнику високоолеїнового типу залежно від густоти стояння рослин // Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2016. Вип. 23. С. 178–184.
24. Яропуд В. М., Алієв Е. Б., Дацюк Д. А. Методика чисельного моделювання висівного апарата селекційної сівалки дрібнонасінневих культур // Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. 2021. Vol. 12, No 3. P. 121–127. DOI: 10.31548/machenergy2021.03.121.

ДОДАТКИ

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

Удосконалення використання техніки при вирощуванні соняшнику з розробкою операційної технології сівки

Демонстраційний матеріал до дипломного проекту освітнього ступеня «Бакалавр»

Виконав: студент 4 курсу, групи AI-3-22 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»
Моїсеєнко Максим Юрійович

Керівник: д.т.н., проф.
Кабат Олег Станіславович

Дніпро, 2026

ХТ 17021

ПЛАН МЕХАНІЗОВАНИХ РОБІТ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ



ПЛОЩА ВИРОЩУВАННЯ
220 га



УРОЖАЙНІСТЬ
2,5 т/га



АГРОТЕХНІЧНИЙ СТРОК ЗБИРАННЯ
10 діб

№ з/п	НАЗВА ОПЕРАЦІЇ	ТЕРМІН ВИКОНАННЯ	АГРЕГАТ (МАРКА, МОДЕЛЬ)	ОДИНИЦЯ ВІМІРУ	ОБСЯГ РОБІТ	ПРОДУКТИВНІСТЬ ЗА ЗМІНУ	КІЛЬКІСТЬ АГРЕГАТІВ	ПРИМІТКА	КЛЮЧОВІ ПОКАЗНИКИ
1	Дискування післязиможних решток	Середина серпня	ХТЗ-17021 + БДФП-4.2	га	220	28–32 га	1	Глибина 16–18 см	Площа вирощування 220 га
2	Внесення амонію з культивування	Початок – середина вересня	ХТЗ-17021 + КПС-4	га	220	20–24 га	1	Норма амонію 110–130 кг/га	Урожайність 2,5 т/га
3	Боронування ранньою весною	Рання весна	ХТЗ-17021 + БЗСС-1,0	га	220	35–40 га	1	Закриття волого	Валовий збір 550 т
4	Передпосівна культивування	Перед сіянням	Case IH JX110 + Case IH 4500	га	220	18–22 га	1	Глибина 6–8 см	Агротехнічний строк збирання 10 діб
5	Сівба соняшнику	Квітень (оптимальні строки)	Case IH JX110 + Gasparto MTR-8	га	220	25–30 га	1	Норма висіву 60–65 тис. шт/га	Витрати пального на перевезення 0,64 кг/т
6	Внесення гербіциду Гезагارد	До появи сходів	Обприскувач (примісний) + трактор	га	220	50–60 га	1	Норма 3,5–4,0 л/га Розрах. 200 л/га	Продуктивність комбайна 45 га/добу
7	Внесення гербіциду Селект	Через 25–30 днів після сівби	Обприскувач (примісний) + трактор	га	220	50–60 га	1	Норма 1,0–1,2 л/га Розрах. 100–120 л/га	Необхідна кількість автомобілів 2 од.
8	Внесення фунгіциду Піктор	Фаза бутонізації – цвітіння	Обприскувач (примісний) + трактор	га	220	50–60 га	1	Норма 0,5–0,6 л/га Розрах. 100 л/га	
9	Збирання соняшнику	Серпень – вересень	Case 2388 + жатка MacDon FD-75	га	220	40–50 га	1	Вологість насіння 12–14 %	
10	Перевезення врожаю	Під час збирання	КамаЗ-45144 (самоскид)	т	550 т	60 т/добу (на 1 авто)	2	Сумарне 80 років за період збирання	

ПЕРЕВАГИ ТЕХНОЛОГІЇ

- ✓ Оптимізація кількості обробітків ґрунту
- ✓ Збереження волого та структури ґрунту
- ✓ Рациональне використання техніки
- ✓ Висока продуктивність і рентабельність
- ✓ Зменшення витрат пального та ресурсів

ЗАДІЯНА ТЕХНІКА

							
ХТЗ-17021 Трактор	БДФП-4.2 Дискова борона	Case IH JX110 Трактор	Case IH 4500 Культиватор	Gasparto MTR-8 Сівалка точного висіву	Case 2388 Комбайн зернозбиральний	MacDon FD-75 Жатка для соняшнику	КамаЗ-45144 Самоскид

№ з/п	Назва операції	Термін виконання	Агрегат (марка, модель)	Одиниця виміру	Обсяг робіт	Продуктивність за зміну	Кількість агрегатів	Примітка
1	Дискування післязиможних решток	Середина серпня	ХТЗ-17021 + БДФП-4.2	га	220	28–32 га	1	Глибина 16–18 см
2	Внесення амонію з культивування	Початок – середина вересня	ХТЗ-17021 + КПС-4	га	220	20–24 га	1	Норма амонію 110–130 кг/га
3	Боронування ранньою весною	Рання весна	ХТЗ-17021 + БЗСС-1,0	га	220	35–40 га	1	Закриття волого
4	Передпосівна культивування	Перед сіянням	Case IH JX110 + Case IH 4500	га	220	18–22 га	1	Глибина 6–8 см
5	Сівба соняшнику	Квітень (оптимальні строки)	Case IH JX110 + Gasparto MTR-8	га	220	25–30 га	1	Норма висіву 60–65 тис. шт/га
6	Внесення гербіциду Гезагارد	До появи сходів	Обприскувач (примісний) + трактор	га	220	50–60 га	1	Норма 3,5–4,0 л/га Розрах. 200 л/га
7	Внесення гербіциду Селект	Через 25–30 днів після сівби	Обприскувач (примісний) + трактор	га	220	50–60 га	1	Норма 1,0–1,2 л/га Розрах. 100–120 л/га
8	Внесення фунгіциду Піктор	Фаза бутонізації – цвітіння	Обприскувач (примісний) + трактор	га	220	50–60 га	1	Норма 0,5–0,6 л/га Розрах. 100 л/га
9	Збирання соняшнику	Серпень – вересень	Case 2388 + жатка MacDon FD-75	га	220	40–50 га	1	Вологість насіння 12–14 %
10	Перевезення врожаю	Під час збирання	КамаЗ-45144 (самоскид)	т	550 т	60 т/добу (на 1 авто)	2	Сумарне 80 років за період збирання

6

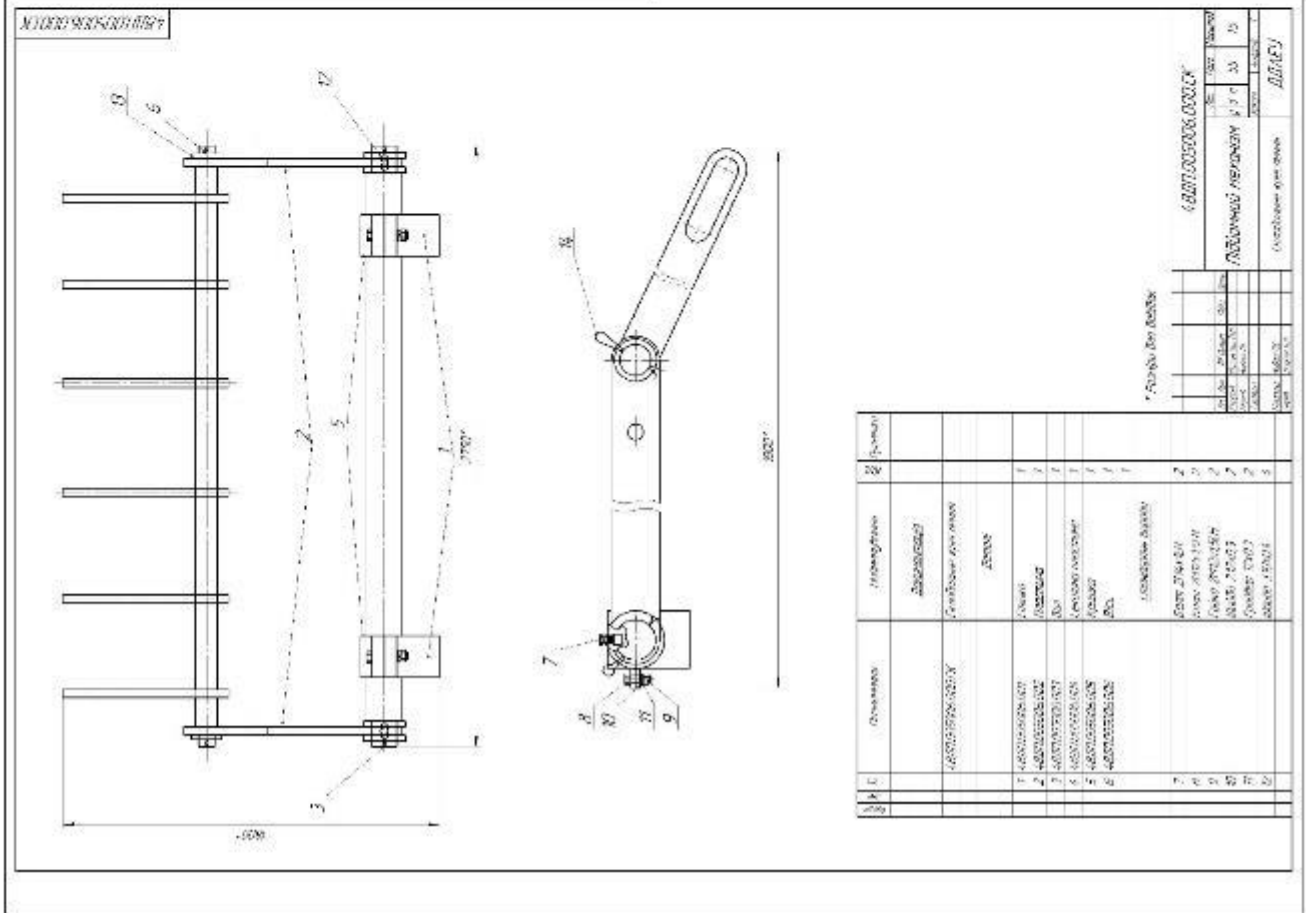
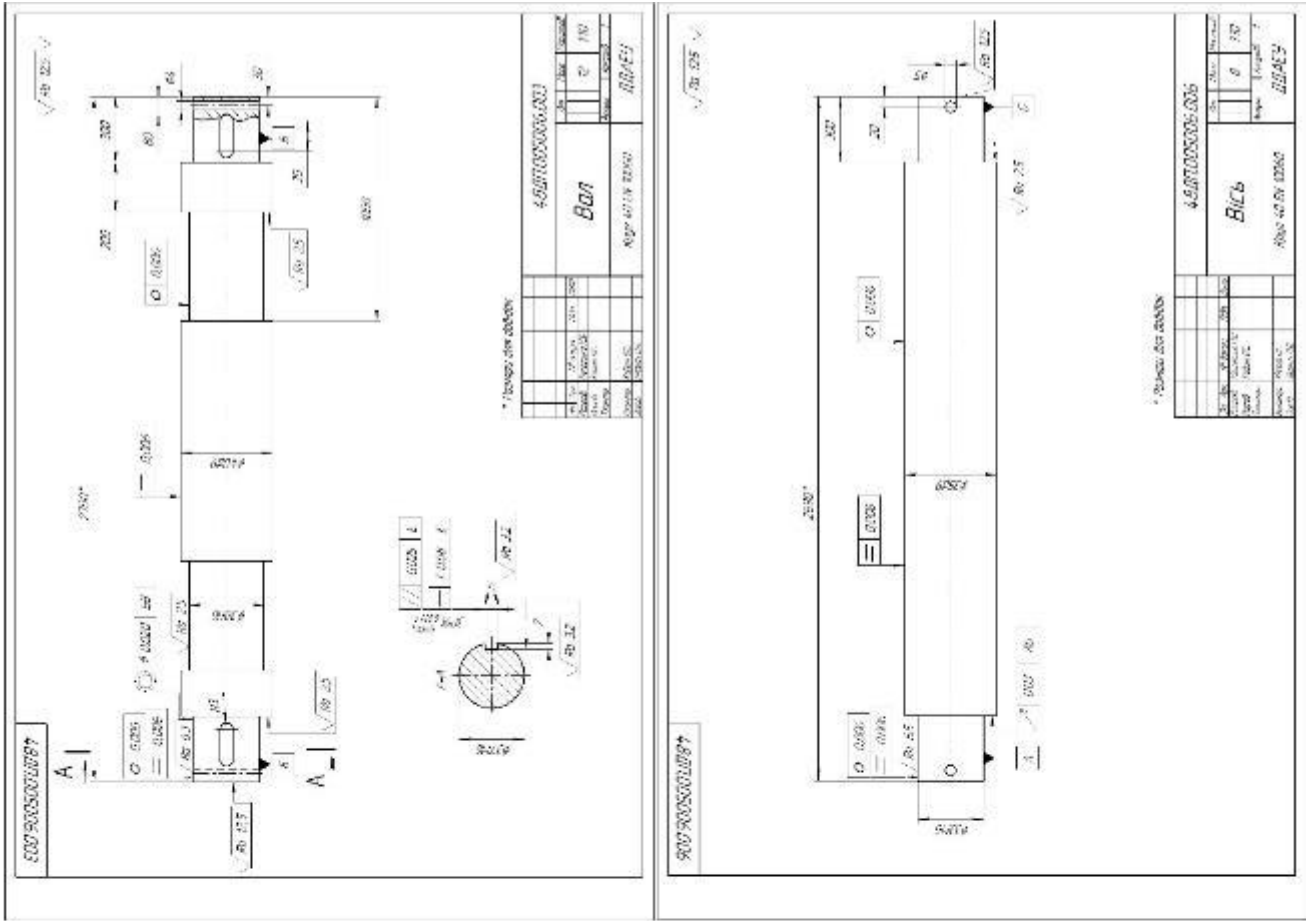


СХЕМА ВИКОНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ – СІВБИ

Просапна сівалка точного висіву СТВ-12 для посіву соняшника

КУЛЬТУРА:
СОНЯШНИК

1 УМОВИ РОБОТИ

	Площа поля, га	22
	Довжина гону, м	2500
	Ширина гону, м	2000
	Питомий опір ґрунту, кН/м²	42
	Середній ухил, %	1
	Попередник	Озима пшениця

2 АГРОТЕХНІЧНІ НОРМАТИВИ

	Тривалість сівби	5 днів
	Терміни сівби	25.04 – 01.05
	Ширина міжряддя, см	45
	Норма висіву	50 тис. насіння/га
	Глибина заортання, см	2 – 6

3 АГРЕГАТУВАННЯ

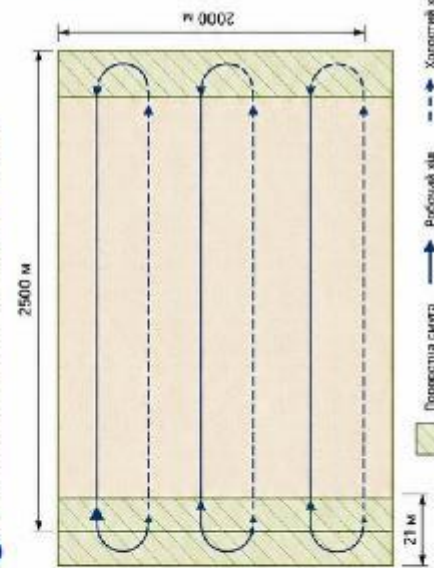
Трактор John Deere 6R 185
Сівалка СТВ-12
Ширина захвату 5,4 м



4 РЕЖИМИ РОБОТИ

	Робоча швидкість, м/с	3,2 (с 11,5 км/год)
	Робоча швидкість, км/год	11,5
	Ефективна потужність, кВт	47,8
	Коефіцієнт використання потужності	0,50
	Витрата пального, кг/га	3,6
	Заграти праці, л/га·год	0,31

5 ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА РУХУ АГРЕГАТА



ПАРАМЕТРИ РУХУ

Робочу швидкість	6 м
Ширина захвату сівки	21 м
Робоча довжина гону	2458 м
Коефіцієнт роботи сівки	0,58
Час сівки	6,34 год
Кількість гонів за зміну	17
Підприємство, км/год	4,7
Площа, яку можна засіяти за зміну, га	24,8

6 СХЕМА АГРЕГАТА



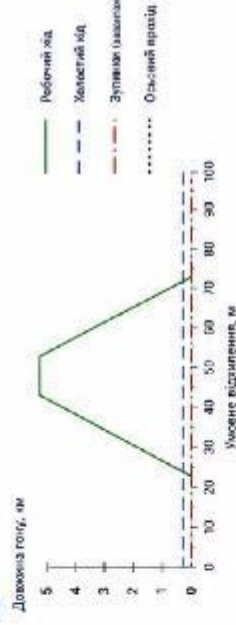
РОБОЧІ ОРГАНИ СІВАЛКИ



8 КОНТРОЛЬ ГЛИБИНИ ПОСІВУ



7 ГРАФІК ЦИКЛУ ОПЕРАЦІЇ



9 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАСІННЯМИ (ТРАНСПОРТНИЙ АГРЕГАТ)

	Об'єм кула	3,25 м³
	Кількість рейсів за зміну	3
	Витрата пального за зміну	1,9 т/год
	Витрата праці за зміну	1

10 КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ СІВБИ



Контроль глибини посіву здійснюють на відкритій борозні, відзначають глибину загортання насіння та відстань між насіннями не менше ніж у 10-15 місцях.

№	П.п.	Відстань між насіннями, м	Глибина загортання, см	Висота насіння над землею, см	Висота насіння над землею, см
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45					
46					
47					
48					
49					
50					
51					
52					
53					
54					
55					
56					
57					
58					
59					
60					
61					
62					
63					
64					
65					
66					
67					
68					
69					
70					
71					
72					
73					
74					
75					
76					
77					
78					
79					
80					
81					
82					
83					
84					
85					
86					
87					
88					
89					
90					
91					
92					
93					
94					
95					
96					
97					
98					
99					
100					

Показники	Базовий варіант СТБ-12	Модернізований варіант СТБ-12М	Відхилення (+;-)
1. Техніко-експлуатаційні показники			
Продуктивність агрегату, га/год	3,91	4,99	+1,08
Коефіцієнт використання часу зміни	0,63	0,74	+0,11
Робоча швидкість, км/год	11,5	12,5	+1,0
Матеріаломісткість процесу, кг/га	2,8	2,0	-0,8
Витрата пального, кг/га	4,8	3,9	-0,9
Річна економія пального, кг	-	1527	-
2. Показники трудових витрат			
Прямі затрати праці, люд.-год/га	0,26	0,20	-0,06
Зростання продуктивності праці, %	-	30	-
Кількість обслуговуючого персоналу, осіб	1	1	0
3. Економічні показники			
Вартість модернізації, грн	-	85 000	+85 000
Капіталомісткість, грн/га	1125	964	-161
Експлуатаційні витрати, грн/га	973	828	-145
Зниження експлуатаційних витрат, %	-	14,9	-
Річна економія експлуатаційних витрат, грн	-	246 165	-
Річний економічний ефект, грн	-	318 000	-
Термін окупності, років	-	0,27	-