

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 дипломної роботи

освітнього ступеня «Магістр» на тему:

**Обґрунтування енергоощадної технології
вирощування соняшнику**

Виконав: студент 2 курсу, групи МгАІз-1-24
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Череп Анастасія Олексіївна

Керівник: _____ Дмитро МАКАРЕНКО

Рецензент: _____

ДНІПРО – 2025

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

Освітній ступінь: «Магістр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ЕМТП

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Деркач О.Д.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« » 2025 р.

З А В Д А Н Н Я НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Череп Анастасії Олексіївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема роботи:** Обґрунтування енергоощадної технології вирощування соняшнику
керівник роботи Макаренко Дмитро Олександрович, доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«27» жовтня 2025 року № 3205

2. **Строк подання студентом роботи** 03.12.2025 р.

3. **Вихідні дані до роботи** Дослідження наукових джерел, присвячених чинникам, що визначають рівень урожайності соняшнику. Аналіз сучасних технологічних рішень і сільськогосподарської техніки, спрямованих на скорочення витрат у процесі вирощування культур. Узагальнення наукових і практичних розробок за обраною тематикою дослідження.

4. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (Перелік завдань, що підлягають виконанню). Дослідити існуючі технології вирощування соняшнику та визначити основні чинники, які формують його врожайність. Обґрунтувати вибір технологічних рішень і засобів механізації для вирощування соняшнику. Провести енергетичний аналіз запропонованої технології. Сформулювати вимоги з охорони праці та безпеки під час виконання ґрунтообробних робіт. Здійснити економічну оцінку результатів дипломної роботи.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Робота містить обґрунтування теми дослідження, визначення мети та основних завдань (2 арк., А4), аналіз врожайності від технології вирощування (1 арк., А4), огляд техніки для оптимізації енергоємності операцій (1 арк., А4), розроблення планів механізованого виконання робіт у процесі виробництва насіння соняшнику (2 арк., А4), проведення енергетичної оцінки застосовуваних технологій (2 арк., А4), розрахунок і аналіз техніко-економічних показників (1 арк., А4), а також узагальнення отриманих результатів у вигляді висновків (1 арк., А4).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Макаренко Д.О. доцент		

7. Дата видачі завдання: _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Оглядовий	до	виконано
2	Проектування вирощування соняшнику	до	виконано
3	Енергетична оцінка технологій	до	виконано
4	Охорона праці	до	виконано
5	Економічний	до	виконано
6	Демонстраційна частина	до	виконано

Студент

_____ Анастасія ЧЕРЕП
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник роботи

_____ Дмитро МАКАРЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

[illegible]

УДК 631.3

АНОТАЦІЯ

Череп А.О. «Обґрунтування енергоощадної технології вирощування соняшнику», Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2025.

У кваліфікаційній роботі досліджено особливості вирощування соняшнику в умовах Степової зони України з урахуванням сучасних вимог до ресурсозбереження та ефективного використання техніки. Проаналізовано основні технологічні підходи до вирощування культури та їх вплив на врожайність, витрати енергетичних і матеріальних ресурсів. Встановлено, що традиційні інтенсивні технології супроводжуються значними витратами палива й енергії, які не завжди забезпечують відповідне зростання продуктивності.

У роботі обґрунтовано вибір засобів механізації для виконання основних технологічних операцій та розроблено енергоощадну технологію вирощування соняшнику на основі мінімального обробітку ґрунту (no-till). Запропонований підхід дозволив скоротити кількість технологічних операцій з 11 до 9 при незначному зменшенні врожайності — близько 0,2 т/га. Витрати палива на одиницю площі знизилися з 324,8 до 154,4 кг/га, тобто більш ніж на 50 %, а питома трудомісткість виконання робіт зменшилася з 19,8 до 8,9 люд.-год./га.

Проведено енергетичну оцінку технологій вирощування соняшнику, яка показала, що загальні енерговитрати на виробничий цикл скорочуються з 78 083 МДж за інтенсивної технології до 49 901 МДж за технології no-till. Питома енергоємність виробництва однієї тонни насіння зменшується з 24 401 до 18 481 МДж/т, а в розрахунку на 1 га - з 918,62 до 587,07 МДж/га, що підтверджує ресурсозберігаючий характер запропонованої технології.

У роботі також розглянуто основні вимоги з охорони праці та безпеки під час виконання технологічних операцій у рослинництві.

Ключові слова: соняшник, енергоощадна технологія, мінімальний обробіток ґрунту, no-till, витрати палива, енергетична ефективність.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
 1. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПІДХОДІВ ДО ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ ТА ЧИННИКІВ ФОРМУВАННЯ ЙОГО ВРОЖАЙНОСТІ	10
1.1 Роль і значення соняшнику в сучасній системі землеробства України.....	10
1.2 Технологічні рішення у вирощуванні соняшнику в умовах сучасного землеробства	13
1.3 Технологічні підходи та їх вплив на врожайність культури	20
1.4 Науково-практична значимість обраної теми	22
 2. ОБГРУНТУВАННЯ І РОЗРАХУНОК АГРОТЕХНІЧНИХ ТА МЕХАНІЗОВАНИХ ЗАСОБІВ	24
2.1 Аналіз і обґрунтування механізованих операцій у вирощуванні соняшнику	24
2.2 Проєктування ефективної технології вирощування соняшнику.....	30
 3. ОБГРУНТУВАННЯ ЕНЕГРЕТИЧНИХ ВИТРАТ У ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ	36
3.1 Розрахунок витрат енергії на виконання технологічних операцій	36
3.2 Оцінка енергоефективності розробленої системи вирощування соняшнику	40
3.3 Структурний аналіз енерговитрат у технології вирощування насіння соняшнику	42
3.4 Визначення енергетичного еквівалента отриманої продукції	48
 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДІЇ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ	52
4.1 Загальні положення щодо охорони праці	52

4.2 Організація безпечних умов праці при роботі з ґрунтообробними агрегатами.....	53
5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ ЗА РІЗНИМИ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПІДХОДАМИ	55
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	58
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	60
ДОДАТКИ	63

ВСТУП

Сучасний розвиток аграрного виробництва в Україні тісно пов'язаний із підвищенням ефективності вирощування високорентабельних сільськогосподарських культур. Однією з таких культур є соняшник, який відіграє важливу роль у формуванні економічної стабільності аграрного сектору та забезпеченні експортного потенціалу держави. Завдяки значним обсягам виробництва Україна протягом тривалого часу зберігає лідируючі позиції на світовому ринку соняшнику та продуктів його переробки.

Поширеність соняшнику в структурі посівних площ більшості господарств зумовлена не лише його високою рентабельністю, а й відносною технологічною доступністю вирощування. Наявність сучасних гібридів, адаптованих до різних ґрунтово-кліматичних умов, удосконалених систем захисту рослин і відпрацьованих агротехнічних рішень дозволяє отримувати стабільні врожаї навіть за умов обмеженого вологозабезпечення. Додатковою перевагою є висока реалізаційна ціна насіння соняшнику, що в окремі роки перевищує 20 тис. грн за тонну, при середній урожайності 30–35 ц/га за сприятливих погодних умов.

Водночас вирощування соняшнику в умовах кліматичних змін потребує впровадження ресурсозберігаючих технологій, спрямованих на раціональне використання ґрунтової вологи. Особливого значення набувають системи мінімального, нульового обробітку ґрунту, технологія Strip-till та елементи точного землеробства. Застосування таких підходів дає змогу зменшити втрати вологи, зберегти агрофізичні властивості ґрунту та підвищити ефективність використання матеріально-технічних ресурсів. Важливою складовою сучасної технології є також використання якісного насіннєвого матеріалу та комплексного захисту посівів від бур'янів, шкідників і хвороб.

Кінцевий рівень урожайності соняшнику формується під впливом багатьох взаємопов'язаних факторів, зокрема дотримання агротехнічних вимог, раціонального вибору попередників у сівозміні, оптимізації системи удобрення та забезпечення необхідної густоти стояння рослин. Не менш важливим є

врахування прогнозованих погодних умов і своєчасність виконання технологічних операцій. У цьому контексті ключову роль відіграє правильне формування складу машинно-тракторних агрегатів і планування механізованих робіт із використанням енергозберігаючих технічних рішень.

З огляду на викладене, метою дипломної роботи є обґрунтування засобів механізації при вирощуванні соняшнику та проведення енергетичної оцінки розробленої технології його вирощування.

Для досягнення поставленої мети в роботі передбачено виконання таких завдань:

1. Проаналізувати сучасні технології вирощування соняшнику та визначити основні фактори, що впливають на рівень його врожайності.
2. Обґрунтувати технологію вирощування соняшнику та відповідні засоби механізації.
3. Провести енергетичну оцінку запропонованої технології вирощування соняшнику.
4. Сформулювати вимоги з охорони праці та безпеки під час виконання робіт з обробітку ґрунту.
5. Здійснити економічну оцінку дипломної роботи.

1. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПІДХОДІВ ДО ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ ТА ЧИННИКІВ ФОРМУВАННЯ ЙОГО ВРОЖАЙНОСТІ

1.1 Роль і значення соняшнику в сучасній системі землеробства України

Сільське господарство традиційно відіграє ключову роль у функціонуванні економіки України, забезпечуючи як внутрішні потреби держави, так і значну частку експортних валютних надходжень. В умовах повномасштабної війни аграрний сектор фактично став однією з головних опор наповнення державного бюджету та підтримання економічної стабільності країни. Протягом останнього десятиліття Україна посідала провідні позиції на світовому ринку з виробництва соняшнику та продукції його переробки, що підтверджує стратегічну значущість цієї культури.

Суттєву роль у загальноукраїнській структурі рослинництва відіграє Дніпропетровська область, яка стабільно утримує лідерські позиції за обсягами посівних площ під сільськогосподарські культури [5]. Загальна площа посівів у регіоні становить близько 1,89 млн га, що є найвищим показником серед областей України. Для порівняння, дещо менші площі має Одеська область — близько 1,87 млн га, тоді як інші регіони суттєво поступаються за цим показником.

У загальній структурі посівних площ України Дніпропетровська область протягом тривалого періоду зберігає домінуюче положення. Особливо помітним стало зростання її частки у 2022 році, що було зумовлено тимчасовою окупацією частини південних та східних територій держави. Упродовж 2022–2023 років площі посівів у регіоні залишалися практично незмінними та становили відповідно 1,94 млн га і 1,89 млн га, при цьому частка області у загальноукраїнському показнику стабільно утримувалася на рівні 8,3 %.

Основу рослинницької спеціалізації більшості сільськогосподарських підприємств формують озима пшениця, кукурудза на зерно та соняшник. Такий

вибір зумовлений стійким попитом на ці культури на світових ринках та їх економічною привабливістю. Разом із тим площі їх вирощування не є сталими і змінюються залежно від ринкової кон'юнктури, погодних умов та внутрішніх цін на продукцію.

Соняшник протягом багатьох років залишається однією з ключових культур у структурі посівних площ практично кожного господарства. Це пояснюється відносно помірними витратами на його вирощування, широким використанням сучасних гібридів, наявністю ефективних систем захисту рослин та добре відпрацьованими агротехнологіями. Вагомим чинником є також висока ціна реалізації насіння соняшнику, яка може перевищувати 20 тис. грн за тону. За сприятливих погодних умов культура забезпечує стабільну врожайність на рівні 30–35 ц/га, що дозволяє отримувати виручку до 60 тис. грн/га і більше.

Аналіз динаміки посівних площ соняшнику в Україні свідчить, що впродовж останніх років їх зміни відбувалися у відносно незначних межах [5]. Дані, демонструють, що у 2023 році саме соняшник займав найбільшу частку в структурі посівів — близько 23 % від загальної площі сільськогосподарських культур. У 2024 році зазначена тенденція загалом збереглася, однак спостерігалось певне скорочення площ під цією культурою.

Зменшення посівів соняшнику з 5,22 млн га у 2023 році до 4,95 млн га під урожай 2024 року було зумовлене несприятливими погодними умовами весняного періоду. У більшості регіонів країни зафіксовано критично низьку кількість опадів, найменшу за останні десятиліття. Унаслідок цього строки сівби соняшнику значно змістилися, а в окремих випадках посів даної культури взагалі не здійснювався [1].

Узагальнюючи наведені результати, можна зробити висновок, що навіть за умов кліматичної нестабільності та зовнішніх викликів соняшник залишається однією з провідних культур сучасного сільськогосподарського виробництва України та зберігає своє важливе економічне й технологічне значення.

Подальше підвищення ефективності вирощування соняшнику вимагає комплексного підходу до формування технології його виробництва з

урахуванням сучасних агрокліматичних умов. В умовах зростаючого дефіциту вологи, підвищення середніх температур та нерівномірного розподілу опадів особливої актуальності набуває оптимізація системи обробітку ґрунту та раціональний вибір технологічних рішень. Саме від правильності поєднання агротехнічних заходів і технічних засобів значною мірою залежить кінцевий рівень урожайності культури.

Сучасні технології вирощування соняшнику передбачають широке використання ресурсозберігаючих систем обробітку ґрунту, таких як мінімальний, нульовий обробіток та технологія Strip-till. Застосування зазначених підходів дозволяє зменшити механічний вплив на ґрунт, зберегти його структуру, знизити втрати ґрунтової вологи та скоротити енерговитрати на виконання технологічних операцій. Водночас вибір конкретної технології повинен здійснюватися з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов регіону, попередників у сівозміні та рівня технічного забезпечення господарства.

Не менш важливим фактором є якість і своєчасність виконання основних польових робіт — обробітку ґрунту, сівби, внесення добрив та засобів захисту рослин. Порушення агротехнічних строків або невідповідність технічних параметрів машинно-тракторних агрегатів призводять до зниження польової схожості насіння, нерівномірності сходів та, як наслідок, втрат урожаю. У цьому контексті правильне формування складу машинно-тракторного парку та обґрунтування режимів роботи агрегатів набуває особливої значущості [5].

Застосування елементів точного землеробства, зокрема супутникової навігації, диференційованого внесення матеріалів і моніторингу стану посівів, відкриває додаткові можливості для підвищення продуктивності соняшнику. Такі технології дозволяють оперативно реагувати на зміни умов вирощування, оптимізувати використання ресурсів і підвищити загальну економічну ефективність виробництва.

Таким чином, аналіз місця соняшнику в структурі аграрного виробництва України та умов його вирощування свідчить про необхідність подальшого вдосконалення технологічних процесів із акцентом на механізацію,

енергозбереження та адаптацію до кліматичних змін. Це обумовлює доцільність детального аналізу існуючих технологій вирощування соняшнику та факторів, що впливають на формування його врожайності, що й буде розглянуто в наступних підрозділах роботи.

1.2 Технологічні рішення у вирощуванні соняшнику в умовах сучасного землеробства

Вирощування соняшнику є багатокомпонентним технологічним процесом, що поєднує послідовність агротехнічних, механізованих та організаційних заходів. Одним із визначальних чинників ефективності виробництва є дотримання вимог сівозміни, оскільки соняшник характеризується інтенсивним споживанням вологи та поживних речовин, а також формує потужну кореневу систему. Розміщення культури після кращих попередників, зокрема озимих зернових або кукурудзи, створює передумови для формування високого врожаю. Порушення оптимальної періодичності повернення соняшнику на одне й те саме поле раніше ніж через 4–5 років призводить до погіршення фітосанітарного стану посівів і зниження продуктивності [2].

Підготовка ґрунту під посіви соняшнику спрямована насамперед на регулювання забур'яненості та накопичення і збереження вологи в орному шарі. З цією метою застосовують комплекс механічних операцій, що включає лущення стерні попередника, дискування, культивацію та боронування. Глибина основного обробітку, яка зазвичай становить 27–40 см, забезпечує руйнування ущільнених шарів ґрунту, покращення його аерації та ефективне знищення бур'янів. Оскільки значна частина бур'янистої рослинності знищується поступово, ефективність системи обробітку залежить від правильної послідовності та кратності виконання операцій.

Важливим етапом технології є сівба соняшнику, яка повинна забезпечувати рівномірне розміщення насіння та формування заданої густоти стояння рослин. Для цього використовуються сівалки точного висіву, що

дозволяють дотримуватися оптимальних параметрів сівби. З метою контролю бур'янів у ранні фази розвитку культури застосовують ґрунтові гербіциди, дія яких є обмеженою в часі, що потребує чіткого дотримання строків їх внесення та узгодження з іншими технологічними операціями.

Система догляду за посівами соняшнику передбачає створення сприятливих умов мінерального живлення протягом усього періоду вегетації. Основними елементами є припосівне внесення добрив та проведення одного або кількох підживлень. Окрім забезпечення рослин макроелементами, важливе значення має використання мікроелементів, які підвищують ефективність засвоєння поживних речовин із ґрунту та позитивно впливають на формування врожаю.

Збирання врожаю соняшнику здійснюється після досягнення насінням фізіологічної стиглості та оптимальної вологості, яка зазвичай становить близько 10 %. Для вирівнювання процесів досягання застосовується десикація, що забезпечує рівномірність дозрівання та зменшує втрати під час збирання. Збір проводиться зернозбиральними комбайнами, оснащеними спеціалізованими жатками для соняшнику.

Наведений комплекс технологічних операцій є характерним для більшості систем вирощування соняшнику. Водночас сучасні тенденції розвитку аграрного виробництва спрямовані на зниження енерговитрат та підвищення ресурсної ефективності. У зв'язку з цим набувають поширення технології, що передбачають скорочення кількості операцій з обробітку ґрунту або повну відмову від них [9].

Найбільш поширеними в Україні є інтенсивна, мінімальна, смугова (Strip-till) та нульова (No-till) технології вирощування соняшнику. Вибір конкретної системи визначається сукупністю факторів, зокрема ґрунтово-кліматичними умовами, рівнем технічного забезпечення та економічними можливостями господарства.

Класична технологія вирощування соняшнику в умовах Степової зони України ґрунтується на застосуванні повного комплексу агротехнічних заходів,

що забезпечують сприятливе середовище для росту і розвитку рослин. Особлива увага приділяється системі обробітку ґрунту, мінеральному живленню та захисту посівів. Важливим елементом є правильний добір попередника, який сприяє збереженню ґрунтової вологи. Найчастіше таким попередником виступає озима пшениця, вирощена після чорного пару, а за його відсутності — інші зернові культури, зокрема кукурудза. При цьому дотримання оптимальної періодичності повернення соняшнику на поле є обов'язковою умовою стабільного виробництва.

Технологічний процес вирощування соняшнику за класичною схемою передбачає послідовне виконання комплексу ґрунтообробних операцій, спрямованих на створення сприятливих умов для росту та розвитку культури. Початковим етапом є лушення стерні після збирання попередника, основною метою якого є зменшення забур'яненості поля та стимулювання проростання насіння бур'янів з подальшим їх знищенням. Подальший обробіток включає проведення глибокої оранки або чизелювання на глибину близько 27–30 см, що сприяє покращенню агрофізичних властивостей ґрунту, накопиченню вологи та загортанню рослинних решток. За умов високого рівня забур'яненості можливе додаткове багаторазове лушення стерні з метою більш ефективного контролю небажаної рослинності.

У весняний період для збереження запасів вологи в орному шарі застосовується боронування, яке одночасно забезпечує знищення бур'янів у ранніх фазах розвитку. Передпосівний обробіток виконується на глибину загортання насіння та поєднується з внесенням ґрунтових гербіцидів, що створює оптимальні умови для формування дружних сходів [5].

Сівба соняшнику проводиться після досягнення ґрунтом температури 8–10 °С, що забезпечує інтенсивне проростання насіння. Для цього використовуються сівалки точного висіву, які гарантують рівномірний розподіл насіння по площі та формування заданої густоти стояння рослин. З метою покращення контакту насіння з ґрунтом і вирівнювання поверхні поля часто застосовується передпосівне або післяпосівне прикочування. Норма висіву встановлюється з

урахуванням біологічних особливостей гібриду та рівня вологозабезпечення поля.

Подальший догляд за посівами включає міжрядний обробіток ґрунту, який сприяє знищенню бур'янів, покращенню повітряного режиму та активізації мікробіологічних процесів у ґрунті. За необхідності застосовуються хімічні засоби захисту рослин — гербіциди, інсектициди та фунгіциди. Система мінерального живлення передбачає внесення добрив під основний обробіток ґрунту та під час сівби, а за інтенсивної технології — коригується відповідно до результатів агрохімічного аналізу ґрунту, що дозволяє забезпечити рослини необхідними елементами живлення з максимальною ефективністю.

На завершальному етапі вегетації, з метою вирівнювання процесів досягання та зниження втрат під час збирання, проводять десикацію посівів. Збирання врожаю здійснюється прямим комбайнуванням за вологості насіння на рівні 8–10 % із використанням спеціалізованих жаток для соняшнику, що мінімізують втрати. Застосування класичної технології дозволяє досягати високих показників урожайності, однак вона характеризується підвищеними витратами матеріальних та енергетичних ресурсів, зокрема на виконання ґрунтообробних операцій і застосування засобів захисту рослин.

Мінімальна технологія вирощування соняшнику в умовах Степової зони України орієнтована на скорочення ресурсних витрат при збереженні економічно обґрунтованого рівня врожайності. Її основною особливістю є зменшення кількості механічних втручань у ґрунт за рахунок оптимізації технологічних операцій та широкого використання сучасних агрохімікатів, спеціалізованої техніки й адаптованих гібридів соняшнику.

У межах мінімальної технології основний обробіток ґрунту, як правило, обмежується неглибоким рихленням або мульчуванням стерні попередника. Глибока оранка замінюється на дискування чи чизелювання, що сприяє збереженню ґрунтової вологи та запобігає руйнуванню його структури. Контроль бур'янів у такій системі переважно здійснюється за допомогою гербіцидів суцільної дії, що дозволяє скоротити кількість механічних операцій.

Сівба соняшнику виконується безпосередньо в мінімально оброблений ґрунт із використанням сівалок прямого висіву. Такий підхід забезпечує зменшення енергозатрат і сприяє збереженню вологи в посівному шарі. Мінеральні добрива здебільшого вносяться локально в зону розміщення кореневої системи, що підвищує ефективність їх використання. Застосовуються сучасні гібриди соняшнику, стійкі до хвороб, шкідників і стресових умов вирощування.

Догляд за посівами в умовах мінімальної технології передбачає максимальне скорочення механічних операцій, із перенесенням основного акценту на хімічні методи захисту рослин. Використання сучасних гербіцидів забезпечує ефективний контроль бур'янів навіть за високої густоти стояння рослин. За необхідності застосовують авіаційне внесення засобів захисту або мікродобрив, що дозволяє оперативно реагувати на зміни стану посівів.

Збирання врожаю за мінімальної технології вирощування соняшнику загалом не відрізняється від класичної схеми та здійснюється прямим комбайнуванням із використанням спеціалізованих жаток. Такий підхід добре підходить для господарств, орієнтованих на скорочення виробничих витрат і раціональне використання ресурсів за одночасного збереження родючості ґрунтів. Разом із тим ефективність мінімальної технології значною мірою залежить від точності виконання всіх агротехнічних операцій, грамотного підбору гібридів та обов'язкового дотримання науково обґрунтованої сівозміни.

Нульова технологія вирощування соняшнику (No-till) ґрунтується на повній відмові від механічного обробітку ґрунту. Її ключовим завданням є збереження природної структури ґрунтового покриву, зниження проявів водної та вітрової ерозії, а також максимальне накопичення і збереження вологи. Це має особливе значення для умов Степової зони України, де нестача опадів є одним із головних обмежувальних чинників урожайності. Пожнивні рештки попередньої культури залишаються на поверхні поля, формуючи захисний мульчувальний шар, який зменшує випаровування вологи, оберігає ґрунт від перегрівання та

стримує розвиток бур'янів. У довгостроковій перспективі це сприяє підвищенню вмісту органічної речовини й покращенню агрофізичних властивостей ґрунту.

Оскільки традиційна підготовка ґрунту за технологією No-till не проводиться, сівбу соняшнику здійснюють спеціальними сівалками прямого висіву, здатними працювати в умовах наявності рослинних решток. Насіння загортається безпосередньо у стерню або поверхневий мульчувальний шар. Мінеральні добрива, як правило, вносять одночасно із сівбою, що дозволяє скоротити кількість проходів техніки по полю, зменшити ущільнення ґрунту та знизити витрати пального. Система догляду за посівами в основному зводиться до застосування хімічних засобів захисту рослин проти бур'янів, шкідників і хвороб [15].

Разом із перевагами технологія No-till має й певні обмеження. Вона потребує високої культури землеробства, точного прогнозування можливих ризиків і бездоганного дотримання технологічних регламентів. Одним із недоліків є підвищена ймовірність накопичення збудників хвороб і шкідників у верхньому шарі ґрунту, що зумовлює необхідність жорсткого контролю сівозміни. Результативність нульової технології значною мірою визначається погодними умовами: у посушливі роки вона дозволяє ефективно зберігати вологу, тоді як за надмірного зволоження можуть виникати труднощі з проростанням насіння та активізацією патогенних мікроорганізмів у мульчі. Крім того, впровадження No-till вимагає суттєвих початкових інвестицій у спеціалізовану техніку та систему хімічного захисту рослин.

Попри зазначені складнощі, нульова технологія розглядається як перспективний напрям розвитку сучасного землеробства в Україні, оскільки вона сприяє збереженню ґрунтових ресурсів, зниженню витрат на обробіток і забезпеченню стабільних урожаїв соняшнику в умовах Степу.

Технологія Strip-till у вирощуванні соняшнику поєднує окремі елементи класичного обробітку ґрунту та No-till. Її характерною особливістю є смуговий обробіток, за якого розпушуються лише вузькі смуги шириною 10–15 см, призначені безпосередньо для висіву насіння, тоді як міжряддя залишаються

необробленими та вкритими пожнивними рештками. Такий підхід дозволяє ефективно зберігати ґрунтову вологу, зменшувати ерозійні процеси та підтримувати мульчувальний ефект.

Важливою перевагою Strip-till є можливість локального внесення добрив безпосередньо в зону формування кореневої системи соняшнику. Добрива можуть вноситися як під час смугового обробітку, так і одночасно з сівбою, що підвищує коефіцієнт їх використання та зменшує кількість технологічних проходів по полю. Розпушені смуги створюють сприятливі умови для швидкого проростання насіння, покращують аерацію ґрунту й забезпечують доступ вологи до коренів. Завдяки цьому коренева система швидше розвивається в глибину, досягаючи вологих шарів ґрунту раніше, ніж за традиційних технологій [15].

Реалізація технології Strip-till потребує використання спеціалізованої техніки, зокрема сівалок, здатних працювати в умовах необроблених міжрядь та забезпечувати стабільну глибину висіву і точне внесення добрив. Збереження структури ґрунту й органічного шару позитивно впливає на його біологічну активність, сприяє накопиченню гумусу та утриманню вологи, що є надзвичайно важливим для посушливих регіонів України.

Серед недоліків Strip-till слід відзначити значні початкові інвестиції в технічне забезпечення та потребу у висококваліфікованому персоналі. Крім того, ефективність технології може знижуватися за умов надмірної вологості або високої забур'яненості полів. Незважаючи на це, Strip-till вважається екологічно збалансованою технологією, яка дозволяє поєднати економію ресурсів із довгостроковим збереженням родючості ґрунтів.

Таким чином, кожна з технологій вирощування соняшнику має власні переваги й обмеження, які необхідно враховувати під час вибору оптимальної системи землеробства. В умовах Степової зони України вирішальними чинниками є кліматичні особливості, ресурсне забезпечення господарства та стратегічні цілі виробництва.

1.3 Технологічні підходи та їх вплив на врожайність культури

Аналізуючи вплив технологічних прийомів на врожайність соняшнику, варто враховувати, що основними факторами є правильний вибір попередника, послідовність обробітку ґрунту, норма висіву, система живлення та захист рослин. Наприклад, посів соняшнику після озимої пшениці або кукурудзи забезпечує сприятливі умови для розвитку кореневої системи та накопичення ґрунтової вологи. Використання одного й того ж поля частіше ніж через 4–5 років може призвести до накопичення патогенів, що знижує врожайність культури.

У класичній технології обробітку ґрунту перший етап включає лущення стерні попередника для проростання бур'янів, які пізніше знищуються. Далі проводиться глибока оранка або чизелювання на глибину 28–32 см, що дозволяє покращити аерацію ґрунту, зберегти вологу та закрити пожнивні рештки. Передпосівна підготовка включає боронування та вирівнювання ґрунту, а також локальне внесення мінеральних добрив.

Сівба здійснюється сівалками точного висіву, забезпечуючи рівномірне розташування насіння та оптимальну густоту посівів: для гібриду Syngenta NK Неома рекомендована норма 55–60 тис. насінин/га, для гібриду Pioneer P64LE25 — 50–55 тис./га. Передпосівне прикочування допомагає забезпечити добрий контакт насіння з ґрунтом і рівномірне проростання. Для контролю бур'янів застосовують гербіциди, наприклад, тербутилазин або метрибузин, що ефективні протягом перших 50–60 днів після сівби.

Догляд за посівами включає міжрядний обробіток ґрунту, внесення мінеральних добрив та хімічний захист рослин. Основне внесення добрив відбувається перед основним обробітком ґрунту, а підживлення під час вегетації проводиться за результатами агрохімічного аналізу ґрунту. Для гібрида Syngenta NK Неома оптимальна доза азоту становить 90–100 кг/га, фосфору — 60–70 кг/га, калію — 50–60 кг/га; для Pioneer P64LE25 — відповідно 80–90, 55–65 і 50 кг/га. Мікроелементи, такі як бор і цинк, вносяться разом із підживленням у фазу 4–6 листків [15].

Мінімальна технологія передбачає скорочення кількості обробітків ґрунту без зниження врожайності. Глибока оранка замінюється чизелюванням або дискуванням на 15–18 см, що допомагає зберегти вологу та структуру ґрунту. Сівба виконується у мінімально оброблений ґрунт спеціальними сівалками прямого висіву. Добрива локально вносяться в зону кореневої системи при сівбі. Гібриди Syngenta NK Neoma та Pioneer P64LE25 добре адаптовані до такого способу вирощування та демонструють врожайність 28–32 ц/га за сприятливих умов. Основний акцент робиться на точковому внесенні гербіцидів та фунгіцидів для контролю бур'янів, хвороб і шкідників.

Таблиця 1

Врожайність гібридів соняшнику

Технологія	Гібриди	Глибина обробітку, см	Норма висіву, тис. насінин/га	Внесення добрив	Захист рослин	Урожайність, ц/га
Класична	Syngenta NK Neoma / Pioneer P64LE25	28–32	55–60 / 50–55	Передпосівне + підживлення у фазі 4–6 листків	Гербіциди, фунгіциди, інсектициди	32–36
Мінімальна	Syngenta NK Neoma / Pioneer P64LE25	15–18 (чизелювання або дискування)	55–60 / 50–55	Локальне внесення при сівбі	Гербіциди, фунгіциди, інсектициди	28–32
No-till (нульовий обробіток)	Syngenta NK Neoma / Pioneer P64LE25	0	55–60 / 50–55	Одночасно із сівбою	Тільки хімічний захист (гербіциди, фунгіциди)	26–30
Strip-till (смуговий обробіток)	Syngenta NK Neoma / Pioneer P64LE25	12–15	55–60 / 50–55	Локальне внесення у смуги при сівбі	Гербіциди, фунгіциди, інсектициди	29–34

Нульова технологія (No-till) виключає будь-який обробіток ґрунту. Насіння висівається безпосередньо у пожнивні рештки спеціальними сівалками

прямого висіву. Мінеральні добрива вносяться одночасно з сівбою, що скорочує кількість проходів техніки і зменшує ущільнення ґрунту. Пожнивні рештки утворюють мульчувальний шар, який зберігає вологу, стримує розвиток бур'янів та підвищує органічну складову ґрунту. Для Syngenta NK Neoma та Pioneer P64LE25 урожайність у таких умовах зазвичай становить 26–30 ц/га. Основними ризиками є накопичення патогенів у верхньому шарі ґрунту та сильна залежність ефективності від погодних умов. Надмірна волога може уповільнити проростання насіння і сприяти розвитку грибкових захворювань.

Смугова технологія Strip-till комбінує переваги класичного та No-till обробітку. Обробляються лише смуги шириною 12–15 см для висіву насіння, міжряддя залишаються необробленими і вкритими пожнивними рештками. Добрива вносяться локально у смуги одночасно з обробітком ґрунту або під час сівби. Розпушені смуги сприяють швидкому проростанню та розвитку кореневої системи. Гібриди Syngenta NK Neoma та Pioneer P64LE25 у Strip-till демонструють врожайність 29–34 ц/га. Недоліки технології — високі капітальні витрати на техніку та потреба в кваліфікованому персоналі, а також зниження ефективності при підвищеній забур'яненості або надмірній вологості [14].

У підсумку, вибір технології вирощування соняшнику визначається ресурсами господарства, кліматичними умовами та обраними гібридами. У Степовій зоні України, з її посушливим кліматом і нерівномірним розподілом опадів, ефективне застосування технологій дозволяє стабільно отримувати високі врожаї соняшнику, зберігаючи родючість ґрунту та оптимізуючи витрати.

1.4 Науково-практична значимість обраної теми

Для отримання стабільно високих урожаїв соняшнику ключовим є застосування сучасних агротехнологій, що зменшують втрати вологи та підвищують її доступність для рослин. Серед таких підходів виділяють смуговий обробіток (Strip-till), мінімальний та нульовий обробіток ґрунту, а також технології точного землеробства. Вони допомагають зберегти природну структуру ґрунту, підтримують вологість та забезпечують накопичення

поживних решток. Не менш важливим фактором є використання високоякісного насіннєвого матеріалу, адаптованого до конкретних кліматичних умов, а також ефективна система захисту рослин від шкідників, хвороб і бур'янів.

Врожайність соняшнику значною мірою залежить від точного дотримання агротехнічних прийомів, правильно обраних попередників у сівозміні, своєчасного та адекватного внесення добрив, а також підтримки оптимальної густоти рослин на полі. Для планування сезону слід враховувати довгостроковий прогноз опадів і сезонні особливості клімату. Окрім цього, для ефективного проведення всіх технологічних операцій необхідно обґрунтувати склади машинно-тракторного агрегату та створювати плани механізованих робіт із використанням енергозберігаючих методів.

Отже, головною метою цієї дипломної роботи є обґрунтування оптимальних засобів механізації при вирощуванні соняшнику та проведення комплексної енергетичної оцінки обраної технології.

Досягнення цієї мети передбачає реалізацію наступних завдань:

1. Провести детальний аналіз сучасних технологій вирощування соняшнику та факторів, що впливають на його врожайність.
2. Обґрунтувати вибір засобів механізації та оптимальної технології вирощування культури.
3. Виконати енергетичну оцінку запропонованої технології для визначення ефективності використання ресурсів.
4. Визначити вимоги безпеки при виконанні робіт з обробітку ґрунту та догляду за посівами.
5. Провести економічну оцінку розробленої технології для аналізу її рентабельності.

2. ОБҐРУНТУВАННЯ І РОЗРАХУНОК АГРОТЕХНІЧНИХ ТА МЕХАНІЗОВАНИХ ЗАСОБІВ

2.1 Аналіз і обґрунтування механізованих операцій у вирощуванні соняшнику

Вибір механізованих засобів для вирощування соняшнику завжди повинен враховувати наявну техніку в господарстві. У випадку впровадження нових технологій або модернізації існуючих, може виникнути потреба в додатковому придбанні сучасних машин та агрегатів. Аналіз різних методів вирощування та оцінка впливу агротехнічних прийомів на врожайність дозволяє підібрати оптимальний технологічний ланцюг, який враховує кліматичні умови, доступність ґрунтової вологи та інші локальні фактори.

Для реалізації вирощування соняшнику у Дніпропетровській області особливу увагу слід приділити обмеженій вологості ґрунту та нерівномірним опадам. Саме тому у роботі пропонується застосувати мінімальну технологію вирощування соняшнику, що дозволяє знизити витрати ресурсів, зберегти родючість ґрунту та досягти стабільної врожайності.

На відміну від класичної технології, яка передбачає численні етапи обробітку ґрунту, мінімальна технологія зосереджена на скороченні механічних операцій. Основою цього підходу є поверхневе рихлення або мульчування стерні після попередньої культури. Глибока оранка замінюється дискуванням або чизелюванням, що дозволяє зберегти структуру ґрунту, утримати вологу та зменшити ерозійні процеси. Основний захист від бур'янів забезпечується хімічними засобами, що знижує потребу у частих механічних обробітках.

Сівба виконується у мінімально оброблений ґрунт із застосуванням сівалок точного висіву. Це дозволяє оптимально розташувати насіння та одночасно локально внести мінеральні добрива у зону кореневої системи. Використовуються високопродуктивні гібриди, стійкі до посухи, хвороб і шкідників, наприклад Сінгента «Альтаір» та Піонер «Р64LE99». Після сходів догляд зводиться до мінімуму завдяки використанню сучасних гербіцидів і

фунгіцидів. За потреби застосовується авіаційне або локальне внесення мікродобрив і засобів захисту. Головний акцент технології — збереження природної структури ґрунту та накопиченої вологи для ефективного росту рослин.

Мінімальна технологія дозволяє зменшити витрати на паливо, скоротити механічний вплив на ґрунт та забезпечити його довгострокову родючість. Успішне впровадження вимагає суворого дотримання агротехнічних норм, сівозміни та високої точності виконання кожного етапу.

У цій роботі проведено обґрунтування основних засобів механізації для ключових технологічних операцій: обробіток ґрунту, сівба, догляд за посівами (обприскування) та збирання. Особлива увага приділяється обробітку ґрунту, який у мінімальній технології має свої особливості. Машини для цього повинні забезпечувати ефективний обробіток із мінімальними затратами енергоресурсів, інколи із мульчуванням або без нього.

Дослідження [4] показали вплив різних способів обробітку ґрунту на врожайність гібриду соняшнику «Альтаір». Максимальна врожайність (3,12 т/га) була досягнута при традиційній відвальній оранці на глибину 23–26 см. Застосування безвідвального обробітку (КЛД-3,2) на тій же глибині призвело до зниження врожайності на 10 % (до 2,81 т/га). Водночас легкий безвідвальний обробіток на 16–18 см із агрегатом ПКН-3,8 забезпечив урожай 3,05 т/га, що майже дорівнює показнику класичної оранки і при цьому з меншими затратами ресурсів [15].

Таким чином, застосування мінімальної технології з правильно підібраними механізованими засобами дозволяє досягти високих врожаїв соняшнику, зберігаючи водно-ресурсний потенціал ґрунту та зменшуючи виробничі витрати.

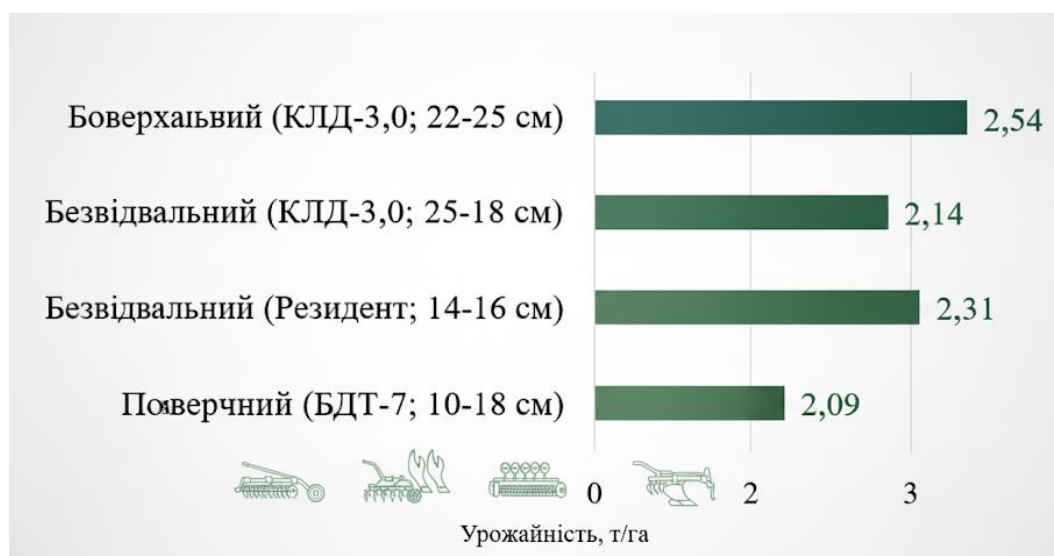


Рис. 2.1 Вплив основного обробітку ґрунту на врожайність соняшнику

Таким чином, можна зробити висновок, що крім глибини обробітку, на врожайність соняшнику суттєво впливає конструкція робочих органів ґрунтообробних машин та їх тип. Для розуміння особливостей цих агрегатів у дослідженні доцільно розглянути їх конструкцію.

Дискова борона БДТ-7 має стандартну конструкцію для дискових ґрунтообробних машин (рис. 2.2).



Рис. 2.2 Борона БДТ-7

Борона складається з двох рядів вирізних дисків, розташованих у три батареї в кожному ряду. Ця машина здатна обробляти важкі ґрунти навіть за наявності великої кількості стерні грубостеблових культур. Проте основним недоліком є нерівномірний обробіток: у зоні проходу дисків утворюються борозни, а між ними — пагорби, що створює хвилястий профіль ґрунту. Через це при використанні такої борони для єдиного обробітку перед посівом можуть

виникати проблеми із рівномірністю сівби. Крім того, диски, встановлені на одну вісь, не завжди якісно копіюють рельєф поля, що може знижувати ефективність обробітку.

Найвищу врожайність, без врахування класичної оранки, отримують при використанні безвідвальних ґрунтообробних агрегатів КЛД-3,2 (рис. 2.3) та ПКН-3,8. Ці агрегати комбінованого типу застосовуються як для основного, так і для передпосівного обробітку ґрунту у мінімальній технології.



Рис. 2.3 Ґрунтообробний агрегат КЛД-3,2

КЛД-3,2 поєднує два ряди стрілочастих лап для підрізання бур'янів і стерні, а також диски на індивідуальних стійках, які подрібнюють і загортають рослинні залишки. Завершує обробіток система котків, що вирівнює ґрунт, розбиває грудки та прикочує його, створюючи оптимальні умови для посіву [5].

Машини типу ПКН-3,8, АПКН-6 або АК-6 (рис. 2.4) також комбіновані агрегати, здатні виконувати декілька операцій за один прохід.

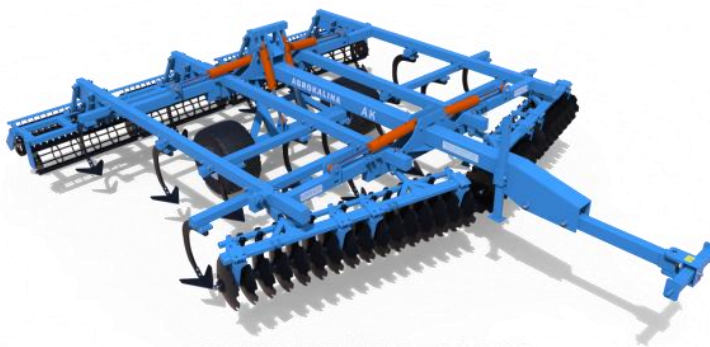


Рис. 2.4 Комбінований ґрунтообробний агрегат АК-6

АК-6 включає ряд вирізних дисків для підрізання залишків попередника та бур'янів, три ряди стрілочастих лап для додаткового рихлення ґрунту на глибину 16–18 см і прикочування котками з різними робочими елементами (планки, шпори), що забезпечує вирівнювання поверхні і формування посівного ложа.

Виходячи з конструкцій наведених агрегатів, оптимальним вибором для мінімальної технології є комбінований агрегат, який забезпечує якісний обробіток ґрунту з мінімальними витратами ресурсів.

Сівба соняшнику у даній технології виконується сівалками точного висіву або однонасінневого типу. Найсучасніші пневматичні сівалки дозволяють рівномірно висівати насіння соняшнику навіть за мінімального обробітку ґрунту. Проте дослідження показують, що ширина міжряддя значно впливає на врожайність.

Так, вузькорядний посів (35 см) може забезпечити незначно вищу врожайність порівняно з широкорядним (70 см), завдяки зменшенню забур'яненості та більш щільному розташуванню рослин. Проте зменшення міжряддя потребує підвищення норми висіву, що збільшує собівартість насіння. Оптимальною шириною для зони Степу є 45–70 см. Для таких міжрядь можна рекомендувати сівалки Kinze-3600, John Deere 7200, Gaspardo MTR 8, Веста-8 та аналогічні моделі [20].

Догляд за посівами у будь-якій технології включає обприскування, яке можна виконувати причіпними або самохідними обприскувачами. Вибір типу

машини залежить від площі господарства та кількості культур. Використання гербіцидів дозволяє зменшити кількість проходів техніки та підвищити врожайність.

Наприклад, при мілкому обробітку ґрунту на глибину 12–14 см і комбінованому механічно-хімічному контролі бур'янів врожайність гібриду «Соляріс» досягає 3,7 т/га. Використання комбінації гербіцидів Харнес та Фюзілад Форте забезпечує врожай 3,6 т/га, що свідчить про ефективність хімічного захисту рослин у мінімальній технології.

Збирання сояшнику незалежно від технології та ширини міжрядь проводиться самохідними комбайнами із спеціальними жатками або приставками, що дозволяють мінімізувати втрати насіння.

Особливу увагу при мінімальній технології приділяють не лише механізації, а й оптимізації всіх агротехнічних операцій для підвищення ефективності виробництва. Наприклад, своєчасне внесення добрив під час сівби дозволяє забезпечити рослини необхідними елементами живлення вже на ранніх етапах росту, що стимулює формування потужної кореневої системи та підвищує стійкість до посухи.

Крім цього, застосування точних норм висіву та локального внесення мінеральних добрив дозволяє мінімізувати витрати на агрохімікати та забезпечує економічну доцільність використання ресурсів. Використання сучасних високопродуктивних гібридів сояшнику, таких як «Соляріс» і «Р64LE99», адаптованих до умов степової зони Дніпропетровської області, забезпечує стабільні врожаї навіть у посушливі роки.

Не менш важливим елементом технології є моніторинг стану посівів. Використання сучасних сенсорних систем та дронів дозволяє виявляти ділянки із підвищеною забур'яненістю, дефіцитом вологи або ознаками захворювань, що дає можливість своєчасно втрутитися та виконати точкові заходи захисту рослин. Такий підхід значно підвищує ефективність використання техніки та ресурсів господарства.

Особлива увага приділяється і збереженню ґрунтової родючості. Мінімальна технологія дозволяє зменшити кількість проходів важкої техніки по полю, що знижує ущільнення ґрунту і сприяє накопиченню органічної маси. Залишки стерні та пожнивних решток використовуються як природна мульча, яка утримує вологу, зменшує ерозію та створює сприятливе середовище для розвитку корисної ґрунтової мікрофлори.

Таким чином, інтеграція високоякісної механізації, сучасних гібридів та точного агрохімічного контролю дозволяє створити комплексну систему мінімальної обробітки соняшнику, яка одночасно забезпечує високу продуктивність, економію ресурсів та довгострокове збереження родючості ґрунтів. Такий підхід стає особливо актуальним у регіонах із обмеженим запасом вологи та нерівномірним розподілом опадів, де ефективне використання кожного технологічного заходу безпосередньо впливає на кінцевий урожай.

2.2 Проектування ефективної технології вирощування соняшнику

У результаті узагальнення та порівняльного аналізу сучасних технологій вирощування соняшнику встановлено, що для територій із дефіцитом атмосферних опадів і обмеженими запасами ґрунтової вологи найбільш доцільним є впровадження нульової технології обробітки ґрунту. Такий підхід дозволяє мінімізувати втрати вологи, зберегти природну структуру ґрунту та створити сприятливі умови для розвитку кореневої системи культури.

Формування технологічної карти вирощування соняшнику здійснюється з урахуванням рекомендацій наукових джерел, методичних вказівок, а також технологічних рішень, запропонованих виробниками насіннєвого матеріалу і агрохімічної продукції. Додатково використовуються типові нормативи продуктивності машинно-тракторних агрегатів і показники питомих витрат пального, наведені у відповідних довідкових матеріалах і галузевих стандартах.

Для порівняльної оцінки ефективності різних підходів за базову приймається традиційна технологія вирощування соняшнику, яка передбачає

застосування дискування та відвальної оранки у системі основного обробітку ґрунту. Проектним варіантом обрано нульову технологію, яка характеризується мінімальним втручанням у ґрунтовий покрив. На етапі проєктування визначаються вихідні параметри технології, зокрема: культура-попередник, норма висіву насіння, система мінерального живлення, склад і обсяг застосування хімічних засобів захисту рослин, а також прогнозований рівень урожайності.

План механізованих робіт формується у вигляді технологічної карти, що містить 23 інформаційні колонки. У перших шести з них наводяться відомості про порядковий номер операції, її найменування, агротехнічні вимоги, обсяг виконуваних робіт і календарні строки проведення. Склад машинно-тракторних агрегатів (колонки 9–11) визначається з урахуванням наявного машинного парку господарства або перспективного оснащення у разі впровадження нової технології.

Залежно від обраного складу МТА за довідковими нормативами встановлюються показники змінної продуктивності агрегату та питомі витрати пального, які заносяться відповідно до колонок 14 і 19. Значення цих показників приймаються на основі діючих норм або уточнюються з урахуванням конкретних умов господарства. Усі інші параметри технологічної карти визначаються шляхом розрахунків за загальноприйнятою методикою.

Для ілюстрації порядку розрахунків розглянемо приклад визначення показників для виконання операції основного обробітку ґрунту за умов застосування класичної технології. У даному випадку використовується машинно-тракторний агрегат у складі трактора Massey Ferguson 5711 та зубова борона БПГ-12, яка забезпечує вирівнювання і розпушування ґрунту.

Годинний виробіток агрегату, тобто обсяг робіт, виконаний за одну годину змінного часу, визначається за відомою розрахунковою залежністю:

$$W_{\text{год}} = \frac{W_{\text{зм}}}{T_{\text{зм}}} \quad (2.1)$$

де $W_{\text{год}}$ - фактична продуктивність машинно-тракторного агрегату за одну годину ефективного змінного часу; показник може виражатися у гектарах за годину (га/год) або в об'ємних одиницях залежно від характеру виконуваної операції;

$T_{\text{зм}}$ - нормативна тривалість однієї робочої зміни, прийнята відповідно до чинних методичних рекомендацій і умов організації праці, год;

$W_{\text{зм}}$ - змінна продуктивність агрегату, що відображає обсяг робіт, виконаний за повну робочу зміну; показник подається у гектарах за зміну (га/зм) або в тоннах за зміну (т/зм) залежно від виду технологічної операції.

$$W_{\text{год}} = \frac{86.1}{7} = 12,3 \text{ га/год}$$

Добову продуктивність машинно-тракторного агрегату з урахуванням кількості робочих змін визначаємо шляхом розрахунку загального обсягу робіт, виконаних агрегатом протягом доби:

$$W_{\text{доб}} = W_{\text{год}} \cdot T_{\text{доб}}, \quad (2.2)$$

де $W_{\text{доб}}$ - обсяг робіт, виконаний машинно-тракторним агрегатом протягом однієї доби з урахуванням тривалості його роботи та кількості змін, виражений у гектарах за добу (га/добу);

$T_{\text{доб}}$ - фактичний час функціонування агрегату впродовж доби відповідно до встановленого режиму роботи, год.

$$W_{\text{доб}} = W_{\text{год}} \cdot T_{\text{доб}} = 12,3 \cdot 14 = 172,2 \text{ га/добу}$$

Мінімально необхідну кількість машинно-тракторних агрегатів для своєчасного виконання операцій з обробітку ґрунту відповідно до агротехнічних вимог визначаємо за наступною залежністю:

$$n = \frac{Q}{W_{\text{доб}} \cdot D_p}, \quad (2.3)$$

де p - необхідна кількість машинно-тракторних агрегатів, що забезпечують виконання технологічної операції у встановлені агротехнічні строки, од.;

Q - загальний обсяг робіт за відповідною операцією при вирощуванні соняшнику за мінімальною технологією, га або м³;

D_p - допустима тривалість виконання конкретної технологічної операції згідно з агротехнічними вимогами, діб.

З урахуванням отриманих результатів розрахунків та інформації, відображеної у технологічній карті, можна зробити такі узагальнення:

$$n = \frac{Q}{W_{\text{доб}} \cdot D_p} = \frac{85}{172,2 \cdot 10} = 0,05 \text{ од.}$$

Отримане значення підлягає округленню у бік більшого цілого числа з метою гарантування дотримання встановлених строків виконання технологічної операції. Таким чином, після округлення до розрахунків приймається один машинно-тракторний агрегат.

У графах 10 та 11 наведено відомості щодо чисельності персоналу, зокрема механізаторів і допоміжних працівників. Їх кількість визначається відповідно до прийнятих у господарстві нормативів, а також з урахуванням режиму роботи та кількості змін МТА.

Питомі норми витрат пального приймаються на основі типових галузевих нормативів або внутрішніх норм підприємства і заносяться до колонки 14. Для агрегатів, які вводяться в експлуатацію вперше, доцільно уточнювати ці показники шляхом проведення хронометражних вимірювань безпосередньо в польових умовах.

Оскільки закупівля паливно-мастильних матеріалів у великих обсягах здійснюється, як правило, у масових одиницях, доцільно використовувати показники витрати пального в перерахунку на масу. У зв'язку з цим у план механізованих робіт вносять значення витрат пального у кг/га.

Загальні витрати пального під час виконання окремої технологічної операції з вирощування соняшнику визначаються за наступною формулою:

$$G = g_1 \cdot Q, \quad (2.4)$$

де G - загальна кількість пального, необхідна для виконання окремої технологічної операції у процесі вирощування соняшнику, кг;

g_1 - встановлена нормативами питома витрата пального на одиницю площі або маси виконаних робіт, кг/га або кг/т відповідно.

$$G = g_1 \cdot Q = 4 \cdot 85 = 340 \text{ кг}$$

Трудові витрати на виконання однієї технологічної операції на одиницю роботи визначаються за такою формулою:

$$z_{n1} = \frac{m_{\text{мех}} + m_{\text{доп}}}{W_{\text{год}}} \quad (2.5)$$

де $m_{\text{мех}}$ та $m_{\text{доп}}$ – чисельність механізаторів і допоміжного персоналу, залучених до роботи машинно-тракторного агрегату.

$$z_{n1} = \frac{m_{\text{мех}} + m_{\text{доп}}}{W_{\text{год}}} = 0,13 \text{ люд-год/га}$$

Загальні трудові витрати на виконання технологічної операції визначаються за формулою:

$$z_n = z_{n1} \cdot Q = 0,13 \cdot 85 = 11,1 \text{ люд-год.}$$

Загальну чисельність нормо-змін (колонка 16) для виконання технологічної операції визначають за такою формулою:

$$H_{\text{зм}} = \frac{Q}{T_{\text{зм}} \cdot W_{\text{год}}} \quad (2.6)$$

де $H_{\text{зм}}$ - сумарний обсяг робіт по виконанню технологічної операції, виражений у нормо-змінах;

В результаті розрахунку для операції обробітку ґрунту отримаємо наступне значення:

$$H_{\text{зм}} = \frac{Q}{T_{\text{зм}} \cdot W_{\text{год}}} = \frac{85}{11,1} = 7,65 \text{ нормо-змін}$$

Розрахунки по інших технологічних операціях проводяться подібним чином для обох варіантів вирощування соняшнику – класичного та нульового. Усі отримані результати вносяться до додатків дипломної роботи: Додаток А1 відведено для класичної технології, а Додаток А2 – для нульової.

Загальні висновки до розділу. Проведено аналіз впливу різних методів обробітку ґрунту на врожайність соняшнику. Обґрунтовано вибір засобів механізації для ключових технологічних операцій та розроблено нульову технологію вирощування обраної культури. Визначено основні обсяги робіт, витрати праці та палива для реалізації запропонованої технології. Загальна кількість операцій зменшилася з 11 до 9, при цьому очікувана врожайність

скоротилася лише незначно – приблизно на 0,2 т/га. Застосування мінімальної технології дозволило суттєво знизити витрати палива на 1 га – з 324,8 кг до 154,4 кг, що перевищує 50 %. Одночасно питома трудомісткість виконання технологічних операцій зменшилася майже вдвічі – з 19,8 до 8,9 люд.-год./га. Такий підхід забезпечує більш раціональне використання ресурсів і підвищує ефективність виробництва соняшнику.

3. ОБГРУНТУВАННЯ ЕНЕГРЕТИЧНИХ ВИТРАТ У ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ

3.1 Розрахунок витрат енергії на виконання технологічних операцій

Ефективність технологій вирощування сільськогосподарських культур доцільно оцінювати не лише за економічними, а й за енергетичними показниками, оскільки саме вони відображають реальні витрати ресурсів на виробництво продукції. Загальні енерговитрати на виконання окремої технологічної операції формуються з кількох обов'язкових складових.

Перш за все, враховується енергоємність машинно-тракторного агрегату, яка визначається сумарними енергетичними витратами на виготовлення, експлуатацію та технічне обслуговування кожної машини, що входить до його складу. Другим важливим елементом є енергія, закладена у використаному паливі, обсяг якої залежить від питомих витрат пального та продуктивності агрегату. Окрему частку становлять енергетичні витрати живої праці, які враховують роботу механізатора та, за потреби, допоміжного персоналу. У випадках, коли допоміжні працівники не залучаються, дана складова не включається до розрахунків.

Окрім зазначених компонентів, значний внесок у загальну енергоємність технології мають мінеральні добрива, засоби захисту рослин і насіннєвий матеріал. Проте ці елементи застосовуються не на кожному етапі технологічного процесу, тому їх енергетичну складову доцільно визначати окремо — з урахуванням норм внесення, фізико-хімічних характеристик та особливостей використання.

Розрахунок енергетичних показників окремих технологічних операцій, а також оцінку енергоємності технології вирощування в цілому виконують відповідно до загальноприйнятої методики, викладеної у джерелі [15].

Для наочного представлення методики розрахунку наведено приклад визначення енергоємності операції культивування ґрунту, що виконується

агрегатом Horsh АСК 12,3 у агрегатуванні з трактором John Deere 8R. Аналогічний алгоритм застосовується і для інших технологічних операцій. Отримані результати систематизуються у відповідних технологічних картах і подаються в додатках: А1 - для інтенсивної технології та А2 - для нульової технології вирощування соняшнику.

Енергоємність машинно-тракторного агрегату визначається як сумарна величина енергетичних еквівалентів усіх машин, що входять до його складу, віднесена до годинної продуктивності конкретного агрегату.

Узагальнений математичний вираз має такий вигляд:

$$E_{\text{ма}} = E_{\text{ез}} + E_{\text{сгм}} + E_{\text{з}} = T_{\text{год}} \cdot (\alpha_{\text{ез}} + \alpha_{\text{сгм}} + \alpha_{\text{з}}) = \frac{1}{W_{\text{год}}} \cdot (\alpha_{\text{ез}} + \alpha_{\text{сгм}} + \alpha_{\text{з}}) \quad (3.1)$$

де $E_{\text{ез}}$, $E_{\text{сгм}}$, $E_{\text{з}}$ — питомі енергетичні витрати відповідно на енергетичний засіб (трактор), сільськогосподарське знаряддя та зчіпний пристрій (у разі їх використання), МДж;

$T_{\text{год}}$ — тривалість виконання окремої технологічної операції, год;

$\alpha_{\text{ез}}$, $\alpha_{\text{сгм}}$, $\alpha_{\text{з}}$ — значення енергетичних еквівалентів складових машинно-тракторного агрегату, виражені у МДж/год;

Q — повний обсяг робіт, передбачений для виконання відповідної операції, га;

$W_{\text{год}}$ — продуктивність машинно-тракторного агрегату за одну годину роботи, га.

У зв'язку з відсутністю довідкових та нормативних значень енергетичних характеристик для ґрунтообробного агрегату Horsch АСК 12,3, його енергоємність доцільно визначати розрахунковим способом. Для цього використовується залежність, що базується на множенні експлуатаційної маси машини на усереднений енергетичний коефіцієнт, прийнятий для агрегатів даного класу та який становить 0,08.

Таким чином, для машинно-тракторного агрегату, що застосовується при виконанні операції обробітку ґрунту, отримаємо:

$$E_{\text{ма}} = \frac{1}{W_{\text{год}}} \cdot (183,1 + 0,08 \cdot 3550) = 44,5 \text{ МДж/га}$$

Енергетичні витрати, пов'язані зі споживанням пального під час виконання технологічної операції у рослинництві, визначаються за такою залежністю:

$$E_{нал} = \alpha_n \cdot g_{га} \cdot Q_{га}, \quad (3.2)$$

де α_n — нормативний енергетичний еквівалент, що характеризує витрати енергії на виробництво пального; для дизельного пального його значення становить 79,5 МДж на 1 кг;

$g_{га}$ — установлене нормативами значення питомої витрати пального, кг.

З урахуванням прийнятих норм споживання пального, наведених у додатках А1 та А2, здійснюються розрахунки енергетичних витрат для всього комплексу технологічних операцій.

Для операції основного обробітку ґрунту отримуємо таке розрахункове значення:

$$E_{нал} = 79,5 \cdot 7,2 \cdot 1 = 572,4 \text{ МДж/га}$$

Енерговитрати, пов'язані з участю персоналу у виконанні технологічної операції, визначаємо за відповідною розрахунковою залежністю:

$$E_{пл} = \frac{n_{мех}}{W_{год}} \cdot \alpha_{мех} \cdot Q, \quad (3.3)$$

де $n_{мех}$ — чисельність механізаторів, задіяних у виконанні технологічної операції протягом однієї зміни, осіб;

$\alpha_{мех}$ — нормативний енергетичний еквівалент праці основного персоналу під час виконання операцій на МТА, прийнятий як 43,4 МДж/люд.-год.

У більшості випадків обробітку ґрунту допоміжний персонал не залучається, тому формула застосовується без додаткових коригувань. Беручи до уваги зазначені дані, енергоемність праці механізатора при виконанні обробітку ґрунту трактором John Deere 8R у складі з ґрунтообробним агрегатом Horsh АСК 12,3 визначається таким чином:

$$E_{пл} = \frac{1}{10,57} \cdot 43,4 \cdot 1 = 4,10 \text{ МДж/га}$$

Отже, загальна енергоємність виконання культивування обробітку ґрунту складе:

$$E_{\text{заг}} = 44,5 + 572,4 + 4,10 = 621 \text{ МДж/га}$$

Енергоємність решти технологічних операцій розраховуємо за аналогічною методикою. Для операцій, пов'язаних із внесенням добрив, слід окремо визначати енергоємність їх застосування. Аналогічно розраховується енергоємність використання пестицидів.

Енергетичні витрати на внесення добрив або пестицидів визначаються за формулою:

$$E_{\text{д}} = \frac{\alpha_{\text{д}} \cdot H_{\text{д}} \cdot M_{\text{д}}}{100 \cdot T_{\text{д}}}, \text{ МДж/га} \quad (3.4)$$

де:

$N_{\text{д}}$ – кількість добрив або пестицидів, що вносяться на одиницю площі, кг/га;

$M_{\text{д}}$ – відсотковий вміст активної речовини або компонентів у мінеральних добривах чи пестицидах, %;

$\alpha_{\text{д}}$ – встановлений енергетичний еквівалент для конкретного виду добрива або пестициду, МДж/га;

$T_{\text{д}}$ – період дії добрива або пестициду, визначений у роках.

Для операції внесення амофосу (як мінерального добрива) згідно з планом механізованих робіт: норма внесення становить 150 кг/га, енергетичний еквівалент обраного добрива – $\alpha_{\text{д}} = 51,5$ МДж/кг, вміст активної речовини – 14 %, а термін дії – 1 рік.

Виходячи з цих даних, розраховуємо енергоємність застосування добрив:

$$E_{\text{д}} = \frac{51,5 \cdot 150 \cdot 85}{100 \cdot 1} = 6566,25 \text{ МДж/га}$$

За схожим підходом розраховуємо енергоємність застосування пестицидів. Для прикладу наведемо обчислення енергоємності внесення гербіциду.

Приймаємо наступні характеристики гербіциду: $N_d = 2,2$ л/га, $\alpha_d = 264,5$ МДж/кг, $M_d = 50$ %, період дії – 1 рік.

Маємо такий вираз:

$$E_o = \frac{264,5 \cdot 2,2 \cdot 42,5}{100 \cdot 1} = 247,30 \text{ МДж/га}$$

Енергоємність застосування насіннєвого матеріалу розраховуємо за формулою [18]:

$$E_n = 1,5 \cdot g_e \cdot \alpha_e \cdot K_c \quad (3.5)$$

Для обох варіантів технології вирощування соняшнику норма висіву зберігається і становитиме:

$$E_n = 1,5 \cdot 5,1 \cdot 21,32 \cdot 0,93 = 151,68 \text{ МДж/га}$$

Результати розрахунків для усіх інших технологічних операцій заносяться до технологічних карт, які представлені в додатках дипломної роботи.

3.2 Оцінка енергоефективності розробленої системи вирощування соняшнику

Коефіцієнт енергоефективності є ключовим показником, що відображає раціональність використання енергетичних ресурсів у сільському господарстві. Він показує співвідношення між енергією, закладеною в кінцевій продукції, та загальною енергією, витраченою на її отримання. Зростання цього коефіцієнта свідчить про підвищення економічної та екологічної доцільності застосовуваної технології, що відповідає сучасним тенденціям розвитку сталого землеробства.

Енергоефективність запропонованої технології оцінюємо за допомогою коефіцієнта використання енергії, що розраховується за формулою:

$$K_{ee} = \frac{E_n}{E_z}, \quad (3.6)$$

де $E_{\text{продукції}}$ – кількість енергії, закладеної у отриманому врожаї культури (насінні соняшнику), МДж/га;

$E_{\text{затрат}}$ – загальний обсяг енергії, витраченої на всі технологічні операції вирощування культури, МДж/га.

Енергію, що міститься у вирощеному насінні соняшнику, визначаємо за формулою [12]:

$$E_n = (Y_o - Y_{zo} - Y_{yo}) \cdot K_c \cdot \alpha_{no} + Y_n \cdot K_c \cdot \alpha_{nn}, \quad (3.7)$$

Очікувана врожайність при застосуванні інтенсивної та нульової технологій дещо різниться і складає відповідно 2,35 т/га та 2,05 т/га.

Відповідно, енергоємність отриманого врожаю за інтенсивною технологією дорівнює:

$$E_{n.}^{\text{Інтен}} = (2350 - 70,5 - 47) \cdot 0,92 \cdot 19,37 = 39804,6 \text{ МДж/га}$$

У розрахунку за нульовою технологією отримуємо:

$$E_{n.}^{\text{Мінім}} = (2050 - 63,6 - 44) \cdot 0,92 \cdot 19,37 = 34633,9 \text{ МДж/га}$$

Загальні енергетичні витрати на виконання всіх технологічних операцій та використання матеріальних ресурсів при вирощуванні соняшнику за інтенсивною та мінімальною технологіями визначаємо на основі даних, занесених до технологічних карт, що розташовані у додатку Б:

$$E_{з.}^{\text{Інтен}} = 7710,4 \text{ МДж/га}$$

$$E_{з.}^{\text{Нульовою}} = 5900,1 \text{ МДж/га}$$

Коефіцієнт енергетичної ефективності для інтенсивної системи вирощування соняшнику дорівнює:

$$K_{ee}^{\text{Інтен}} = \frac{39804,6}{7710,3} = 5,15$$

А за нульовою технологією:

$$K_{ee}^{\text{Нульовою}} = \frac{34633,9}{5900,1} = 5,87$$

Провівши аналіз отриманих даних, можна зробити висновок, що застосування мінімальної технології вирощування соняшнику значно зменшує витрати енергії на формування врожаю. Коефіцієнт енергетичної ефективності

для цієї технології складає 6,2, що на 20,4 % більше порівняно з показником інтенсивної технології – 5,15.

3.3 Структурний аналіз енерговитрат у технології вирощування насіння соняшнику

Спираючись на отримані дані щодо енергетичних витрат при виконанні окремих технологічних операцій та їх комплексів, доцільно здійснити їх детальний аналіз з метою подальшого вдосконалення заходів технології вирощування соняшнику.

З цією метою розглянемо структуру сукупних енерговитрат у розрізі основних видів ресурсів, що залучаються до формування врожаю, зокрема: енергетичних витрат машинно-тракторних агрегатів, затрат праці, споживання пального, застосування мінеральних добрив і пестицидів. Для отримання узагальнених показників необхідно виконати підсумовування відповідних граф за кожним видом ресурсів, наведених у додатках А.

На рисунку 3.1 представлено структуру енергетичних витрат, що формуються у процесі виробництва насіння соняшнику за інтенсивною технологією.

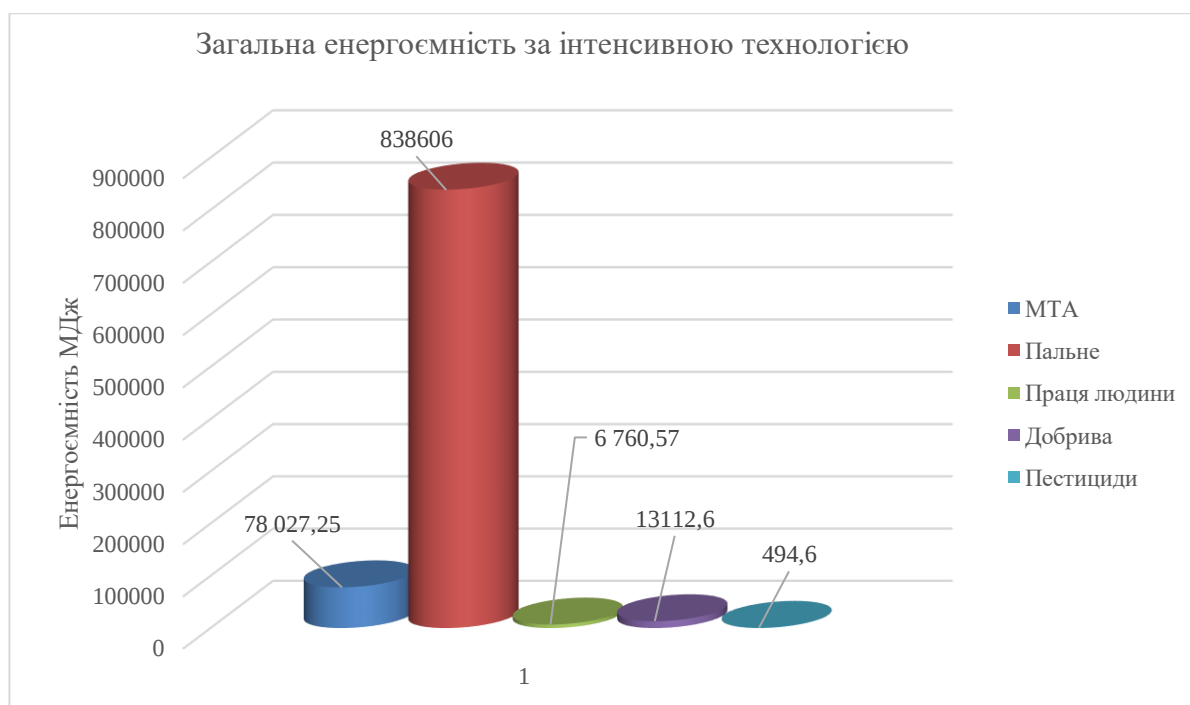


Рис. 3.1 Загальна енергоємність при використанні інтенсивної технології обробітку ґрунту

За результатами проведеного аналізу встановлено, що енергетичний баланс інтенсивної технології вирощування соняшнику характеризується вираженою домінантою техніко-технологічних чинників. Сумарна енергоємність процесу розподіляється нерівномірно, що зумовлено високим рівнем механізації польових робіт та значними обсягами споживання невідновлюваних енергоресурсів. Основним енергоспоживачем у структурі витрат є пальне, показник якого сягає 838606 МДж. Така значна питома вага енергії нафтопродуктів пояснюється інтенсивним механічним впливом на ґрунт, зокрема виконанням енергоємних операцій з основного обробітку та догляду за посівами.

Наступним вагомим складником є енергоємність машинно-тракторних агрегатів (МТА), що становить 78027,25 МДж. Цей показник відображає сукупну енергію, акумульовану в металомісткості сільськогосподарської техніки та її амортизації протягом виробничого циклу. Порівняно низькі значення витрат енергії на мінеральні добрива 13112,6 МДж та пестициди 494,6 МДж у даній моделі вказують на те, що основне навантаження в інтенсивній технології

припадає саме на механічний складник, тоді як хімічні засоби інтенсифікації мають менший енергетичний вплив порівняно з прямими витратами палива.

Окремої уваги заслуговує мінімальна частка живої праці 6760,57 МДж у загальній структурі енергомосткості. Таке співвідношення між енергією техніки та енергією людського ресурсу є типовим для сучасного агропромислового виробництва, де заміна ручної праці машинною є стратегічним напрямом розвитку. Узагальнюючи дані, можна дійти висновку, що інтенсивна технологія вирощування соняшнику має високу паливну залежність. Оптимізація енерговитрат за такої моделі можлива переважно через впровадження енергозберігаючих комплексів техніки та перегляд регламентів обробітку ґрунту з метою зменшення кількості технологічних проходів.

На рисунку 3.2 деталізовано структуру енергетичних витрат при вирощуванні соняшнику, що демонструє суттєву оптимізацію споживання ресурсів завдяки впровадженню технології No-till.

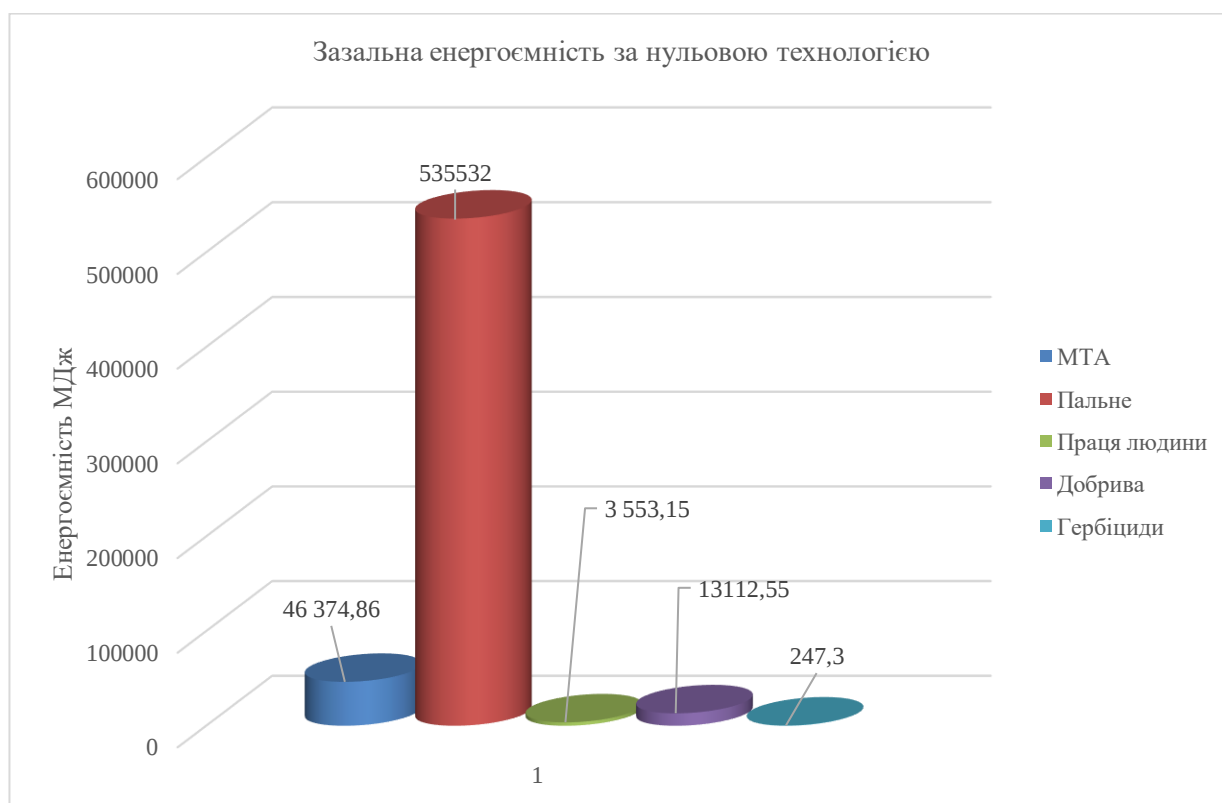


Рис. 3.2 Загальні енергетичні витрати при використанні нульової технології обробітку ґрунту

Ключовою перевагою даної технологічної моделі є значне скорочення витрат пального, обсяг яких становить 535532 МДж. Це підтверджує головну перевагу системи no-till - мінімізацію кількості механізованих операцій шляхом повної відмови від оранки та передпосівного обробітку, що призводить до прямої економії паливно-мастильних матеріалів. Відповідно, енергоємність машинно-тракторних агрегатів (МТА) також демонструє помірні значення на рівні 46374,86 МДж, що вказує на зменшення потреби в інтенсивній експлуатації важкої техніки.

Частка енергетичних витрат на добрива складає 13112,55 МДж, залишаючись стабільною складовою живлення рослин у межах досліджуваної моделі. При цьому витрати енергії на людську працю 3553,15 МДж та гербіциди 247,3 МДж займають найменшу питому вагу в загальній структурі. Зокрема, низький показник енергомісткості гербіцидів свідчить про високу енергетичну ефективність хімічного контролю бур'янів порівняно з енерговитратними механічними методами. Узагальнюючи, можна стверджувати, що перехід на технологію no-till забезпечує формування енергоощадного режиму виробництва соняшнику за рахунок радикального зниження паливної складової та оптимізації роботи технічного парку.

З метою більш обґрунтованої оцінки ефективності застосовуваної технології та сукупності технологічних операцій, які вона включає, доцільно провести аналіз структури енерговитрат за функціональними ознаками.

На рисунках 3.3 і 3.4 наведено структурний розподіл енергетичних витрат у процесі виробництва соняшнику з урахуванням комплексів технологічних операцій.



Рис. 3.3 Діаграма енергетичних витрат на кожну операцію за інтенсивною технологією обробітку ґрунту

Аналіз структури енергоємності окремих технологічних операцій при вирощуванні соняшнику за інтенсивною технологією дозволяє ідентифікувати найбільш ресурсомісткі етапи виробничого циклу. Отримані дані свідчать про те, що найбільше енергетичне навантаження припадає на основний обробіток ґрунту, зокрема оранку, енерговитрати на яку становлять 157505 МДж. Такий високий показник зумовлений значною металомісткістю процесу та підвищеним споживанням пального через значний механічний опір ґрунтового середовища під час виконання даної операції.

Другим за рівнем енергоспоживання етапом є збір врожаю, показник якого сягає 123783,98 МДж. Висока енергоємність збиральних робіт пояснюється складністю технологічного процесу та інтенсивною експлуатацією зернозбиральних комбайнів. Значні енергетичні витрати також зафіксовані при внесенні добрив 96229,42 МДж та боронуванні 94195,83 МДж, що підкреслює

високу залежність інтенсивної технології від багаторазових механічних проходів техніки по полю.

Меншу питому вагу в загальному енергетичному балансі займають операції з підживлення рослин 42091,75 МДж, внесення гербіцидів 35782,75 МДж та безпосередній посів культури 30006,17 МДж. Найнижчі рівні енергозатрат характерні для культивування та допоміжних етапів боронування. Узагальнюючи результати дослідження, можна констатувати, що інтенсивна технологія характеризується високою сумарною енергомісткістю, де понад 40% усіх витрат зосереджено лише на двох операціях — оранці та збиранні врожаю, що вказує на значний потенціал енергозбереження за умови переходу до мінімальних способів обробітку.

На рисунку 3.4 представлено структуру витрат енергії, характерних для технології вирощування соняшнику без основного обробітку ґрунту.

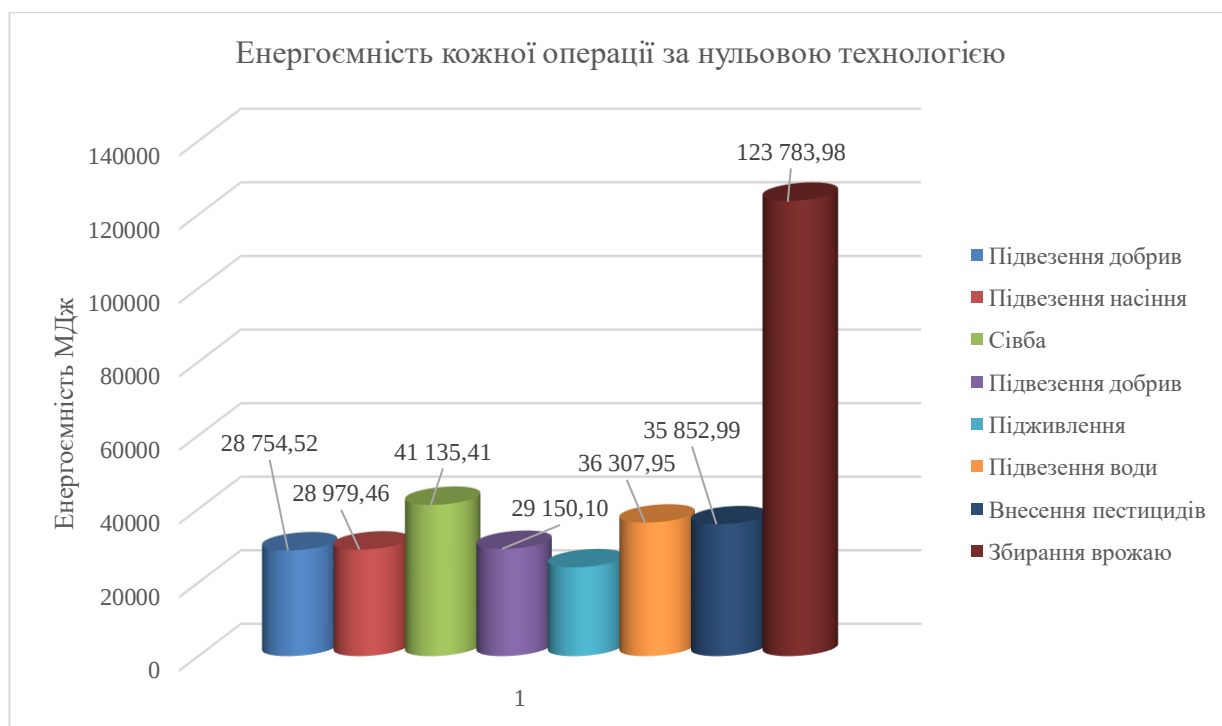


Рис. 3.4 Енергоємність кожної операції за нульовим обробітком ґрунту

Основними особливостями даної структури є повна відсутність енергозатрат на механічний обробіток (оранку, культивування, боронування) та зміщення акцентів на логістичні та збиральні процеси.

Найбільш енергомісткою операцією за технологією ноу-тілл залишається збирання врожаю, показник якого становить 123 783,98 МДж. Незмінність цього параметра порівняно з інтенсивною технологією свідчить про сталу складність процесу механізованого збирання, незалежно від попередньої системи підготовки ґрунту. Проте у загальному балансі частка цієї операції зростає через скорочення інших енерговитратних етапів.

Вагому роль у структурі займає операція сівби, що потребує 41 135,41 МДж. Це зумовлено використанням спеціалізованих сівалок прямого посіву, які мають вищу конструктивну масу та потребують більшого тягового зусилля для якісного прорізання необробленого ґрунту та пожнивних решток. Логістичні операції, такі як підвезення води 36 307,95 МДж та внесення пестицидів 35 852,99 МДж, набувають більшої питомої ваги, оскільки за нульової технології захист рослин та забезпечення вологою стають критичними факторами успішного вирощування.

Транспортні витрати на підвезення насіння та добрив коливаються в межах 28 754,52 - 29 150,10 МДж, що вказує на стабільність логістичного забезпечення незалежно від обраної моделі землекористування. Загалом, аналіз ілюструє високу енергетичну ефективність системи ноу-тілл, де виключення операції оранки дозволяє уникнути витрат у розмірі понад 150 тис. МДж, що робить дану технологію пріоритетною в умовах енергетичної кризи.

3.4 Визначення енергетичного еквівалента отриманої продукції

Поряд із визначенням енерговитрат на виробництво соняшнику в розрахунку на одиницю площі, доцільно також враховувати енергетичну оцінку отриманої продукції, виражену у перерахунку на 1 т.

Енергетичний показник вартості (ціни) одиниці продукції розраховують відповідно до залежностей, наведених у джерелі [12]:

$$E_{3m} = \frac{E_3}{U_3} \cdot K_{срз}; \quad (3.8)$$

$$E_{нт} = \frac{E_3}{U_n} \cdot K_{срн} \quad (3.9)$$

У цьому розділі розглядаємо енергетичну оцінку врожаю соняшнику. Позначимо U_3 як врожайність насіння (основної продукції) та U_n як врожайність стеблової маси, обидві у розрахунку на одиницю площі, т. Для точного розподілу енерговитрат між зерною і незерною складовими застосовуються нормативні коефіцієнти $K_{срз}$ і $K_{срн}$.

Оскільки стеблова частина (незернова) в більшості господарств не використовується, подальші обчислення виконуються лише для насіння, яке становить основну цінність врожаю. На цій основі визначається енергетична вартість (ціна) отриманого насіння соняшнику, що дозволяє оцінити ефективність технології вирощування.

Енергетична ціна насіння соняшнику, отриманого за інтенсивною технологією, дорівнює:

$$E_{нт.}^{Іnten} = \frac{78083}{3,2} = 24401 \text{ МДж/т},$$

а за нульовою технологією отримуємо:

$$E_{нт.}^{Мінім} = \frac{49901}{2,7} = 18481 \text{ МДж/т}$$

За отриманими розрахунками можна зробити узагальнення що енергетичні витрати на одну тону отриманої продукції за інтенсивної технології становлять 24401 МДж/т, а за технологією no-till 18481 МДж/т що на 24,3 % має менші енергозатрати.

Отримані дані енергетичного аналізу двох технологій вирощування соняшнику на площі 85 га подано в таблиці 2.

Таблиця 2

Енергетична та екологічна оцінка виробництва соняшнику за двома
технологічними підходами

№п/п	Операції за технології no-till	Енергоємність, МДж					
		МТА	Пальне	Праці людини	Добрива	Пестициди	Разом
1	Підвезення добрив	1582,63	27030,00	141,88	0,00	0,00	28754,52
2	Підвезення насіння	1789,07	27030,00	160,39	0,00	0,00	28979,46
3	Сівба з внесенням добрив	5067,55	29057,25	454,31	6556,30	0,00	41135,41
4	Підвезення добрив	626,71	28381,50	141,88	0,00	0,00	29150,10
5	Підживлення	1116,06	16218,00	252,67	6556,25	0,00	24142,98
6	Підвезення води	817,62	35139,00	351,33	0,00	0,00	36307,95
7	Внесення пестицидів	326,43	35139,00	140,27	0,00	247,30	35852,99
8	Збирання соняшника	31482,22	91226,25	1075,51	0,00	0,00	123783,98
9	Транспортування	3566,58	246310,88	834,90	0,00	0,00	250712,35
Енергетична цінність отримання продукції		За інтенсивною технологією			За технологією no-till		
На весь обсяг робіт МДж		78083			49901		
На одну тону отриманої продукції МДж/т		24401			18481		
На один гектар МДж/га		918,62			587,07		

Результати порівняльного аналізу свідчать про високу ефективність системи no-till, яка забезпечує зниження загальних енерговитрат на виробничий цикл із 78 083 МДж до 49 901 МДж. Така динаміка зумовлена відмовою від енергоємних операцій механічного обробітку ґрунту, що дозволяє оптимізувати енергетичний баланс агроєкосистеми.

Встановлено, що питома енергоємність виробництва однієї тонни насіння соняшнику за нульової технології становить 18 481 МДж/т, що значно нижче показника інтенсивної моделі - 24 401 МДж/т. Аналогічне скорочення спостерігається і в розрахунку на один гектар: витрати зменшуються з 918,62 МДж/га до 587,07 МДж/га, підкреслюючи ресурсозберігаючий характер запропонованого підходу.

Попри загальну економію, найбільш витратним етапом залишається збирання врожаю 123 783,98 МДж, де основне навантаження припадає на пальне та експлуатацію технічного парку. Проте сумарна енергетична та екологічна оцінка доводить пріоритетність технології no-till як інструменту мінімізації антропогенного тиску та підвищення рентабельності рослинництва.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДІЇ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

4.1 Загальні положення щодо охорони праці

Безпека людини в процесі трудової діяльності є однією з ключових умов ефективного функціонування будь-якого виробництва. Саме тому охорона праці розглядається як комплексна система заходів і рішень, спрямованих на створення безпечних умов роботи, запобігання професійним захворюванням і виробничому травматизму, а також збереження фізичного та психічного здоров'я працівників [19].

Сільськогосподарське виробництво належить до галузей із підвищеним рівнем ризику, оскільки значна частина технологічних операцій виконується із застосуванням машин, механізмів та хімічних засобів. Експлуатація тракторів, комбайнів та іншої техніки супроводжується наявністю рухомих і обертових вузлів, що створюють потенційну небезпеку для персоналу. Додаткову загрозу становить використання мінеральних добрив і засобів захисту рослин, контакт із якими може призвести до негативного впливу на організм людини.

У межах забезпечення безпеки праці особливу увагу приділяють об'єктам, діяльність яких пов'язана з підвищеним рівнем небезпеки. До таких об'єктів належать виробничі та інфраструктурні елементи, де здійснюється зберігання, використання або транспортування небезпечних речовин у значних обсягах, а також інші об'єкти, що за своїми характеристиками можуть стати джерелом виникнення надзвичайних ситуацій техногенного чи природного походження [20].

4.2 Організація безпечних умов праці при роботі з ґрунтообробними агрегатами

Підготовка до виконання ґрунтообробних операцій починається з комплексної оцінки готовності машинно-тракторного агрегату до роботи. Насамперед необхідно перевірити технічний стан трактора та приєднаного обладнання, звертаючи увагу на справність гальмівної системи, елементів зчеплення, захисних кожухів, світлової та звукової сигналізації. Важливим є контроль надійності кріплення робочих органів і відсутності люфтів у рухомих вузлах.

Перед виїздом у поле працівники мають бути забезпечені засобами індивідуального захисту, зокрема спеціальним одягом, взуттям, рукавицями та захисними окулярами. Обов'язковою умовою допуску до робіт є проведення інструктажу з охорони праці з урахуванням специфіки запланованих операцій.

Окрему увагу слід приділити оцінці умов місцевості. Перед початком робіт необхідно оглянути поле, визначити потенційно небезпечні ділянки (схили, канави, яри, нерівності рельєфу) та, за потреби, обмежити або заборонити виконання робіт у таких зонах. Керівник робіт повинен заздалегідь спланувати маршрути руху агрегату, забезпечивши безпечні умови для розворотів і маневрування. На схилах рух агрегату допускається лише вздовж горизонталей, що знижує ризик втрати стійкості та перекидання техніки.

Вимоги безпеки під час виконання обробітку ґрунту

Під час роботи машинно-тракторного агрегату категорично забороняється перебування сторонніх осіб у зоні дії рухомих або обертових частин. Не допускається знаходження працівників поблизу техніки під час її розворотів, переїздів між ділянками або руху заднім ходом. Посадка на трактор чи спуск із нього під час руху суворо забороняються.

Будь-які операції, пов'язані з регулюванням, очищенням або технічним обслуговуванням робочих органів, дозволяється виконувати лише після повної зупинки агрегату, вимкнення двигуна та надійного загальмування техніки. У

процесі роботи необхідно дотримуватися встановлених режимів експлуатації, не допускаючи перевантаження агрегату, оскільки це може призвести до виходу з ладу обладнання або втрати керованості.

Дії після завершення робіт

Після закінчення ґрунтообробних операцій агрегат необхідно зупинити, заглушити двигун і встановити техніку на гальмо, переконавшись у її стійкому положенні. Робочі органи очищають від залишків ґрунту із застосуванням допоміжних інструментів та з використанням засобів індивідуального захисту. Після цього проводять огляд обладнання з метою виявлення пошкоджень, зношення або інших несправностей, що могли виникнути під час роботи.

Дії у разі виникнення аварійної ситуації (пожежа на тракторі)

У випадку займання трактора першочерговими заходами є негайна зупинка агрегату та вимкнення двигуна. За наявності такої можливості слід від'єднати акумуляторну батарею для запобігання подальшому поширенню вогню. Про подію необхідно одразу повідомити керівника робіт і викликати підрозділи ДСНС за номером 101.

Гасіння пожежі здійснюють із застосуванням первинних засобів пожежогасіння, насамперед вогнегасників. Ліквідацію вогню розпочинають з осередку займання, поступово обмежуючи зону його поширення. У разі загоряння палива або мастильних матеріалів доцільно використовувати сипкі негорючі матеріали (пісок, землю) або щільне полотно. При пожежі електрообладнання забороняється застосовувати воду через небезпеку ураження електричним струмом.

Необхідно забезпечити відсутність людей у безпосередній близькості до техніки, особливо за наявності загрози нагрівання або вибуху паливного бака. Якщо це можливо і не створює додаткового ризику, трактор слід перемістити в безпечне місце. Після ліквідації пожежі запуск двигуна забороняється до проведення повної технічної перевірки. Техніку необхідно залишити на місці події до прибуття відповідних служб для з'ясування причин займання та оцінки наслідків.

5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ ЗА РІЗНИМИ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПІДХОДАМИ

Аналіз економічної результативності альтернативних технологій вирощування соняшника доцільно здійснювати поетапно, починаючи з формування вихідної інформаційної бази для інтенсивної та мінімальної систем господарювання. До переліку вихідних показників входять площі посівів, норми застосування насіння, мінеральних добрив, паливно-мастильних матеріалів, засобів захисту рослин, їхня вартість, витрати на оплату праці, амортизаційні відрахування машинно-тракторного парку та інші виробничі витрати. На наступному етапі проводяться розрахунки сукупних витрат на виробництво насіння соняшника з урахуванням фактичного споживання всіх ресурсів. Дані для розрахунку представлено у таблиці 3.

Таблиця 3

Дані для розрахунку економічних показників

Параметр оцінювання	Інтенсивна технологія	Нульова технологія
Запроектована площа посівів, га	85	85
Очікуваний рівень врожайності, т/га	3,2	2,7
Загальна маса отриманої продукції, т	272	229,5
Встановлена ціна збуту, грн/т	24550	24550
Витрата пального на одиницю площі, кг/га	45,9	21,8
Вартість ПММ, грн./кг	60	60
Норма застосування добрив, кг/га	250	250
Ціна добрив, грн./кг	42	42
Сума валової виручки, грн	6 677 600	5 634 225

Ключовою метою оптимізації складу машинно-тракторних агрегатів є мінімізація експлуатаційних витрат у розрахунку на одиницю виконаної роботи за одночасного забезпечення належного рівня якості технологічних операцій. На етапі формування агрегатів їх вибір, як правило, визначається технічним забезпеченням господарства або можливістю своєчасного оновлення машинного парку напередодні проведення польових робіт.

Застосування нульової технології вирощування соняшника сприяє суттєвому скороченню виробничих витрат, при цьому зниження врожайності має, як правило, незначний характер. Такий підхід дає змогу зменшити обсяг постійних вкладень у виробничий процес і сформувати фінансовий резерв, який може бути спрямований на впровадження інноваційних технологій або модернізацію технічних засобів. Водночас широкий асортимент енергетичних машин і сільськогосподарського обладнання нерідко призводить до неефективного використання тракторів через їх нерівномірне завантаження, що негативно позначається на загальній продуктивності. У зв'язку з цим особливої уваги потребує раціональна організація використання наявної техніки в умовах конкретного господарства.

Розрахунок експлуатаційних витрат здійснюється відповідно до загальноприйнятого підходу, наведеного у відповідних методичних джерелах [21]. У межах дослідження виконуються обчислення вартості основних ресурсів, зокрема паливно-мастильних матеріалів, посівного матеріалу, мінеральних добрив та інших складових у перерахунку на одиницю площі.

Для проведення розрахунків прийнято такі додаткові вихідні показники:

- погодинна ставка оплати праці становить 90 грн/год;
- витрати на насіннєвий матеріал прийнято на рівні 3100 грн/га;
- вартість комплексних мінеральних добрив, що застосовуються під час сівби та в процесі підживлення культур, складає 42 000 грн/т.

Узагальнені результати розрахунку експлуатаційних витрат, а також показники економічної оцінки виробництва соняшнику за інтенсивною та мінімальною технологіями наведено в таблиці 4.

Таблиця 4

Одержані показники економічної ефективності запропонованого методу

Найменування параметру	Технологія вирощування	
	Інтенсивна	Нульова
Розмір посівних площ, га	85	85
Урожайність, т/га	2,9	2,7
Сукупний обсяг врожаю, т	246,5	229,5
Ціна реалізації одиниці продукції т, грн.	24550	24550
Виробничі витрати, грн./га		
зокрема:	1 642 478	1 504 340
- фонд оплата праці	80238	41010
- енергоносії (ПММ)	234090	111180
- добрива	956250	956250
- посівний матеріал	263500	263500
- захист рослин	90000	120000
- додаткові витрати	18400	12400
Виробнича собівартість, грн/т.	19 323,27	17 698,11
Дохід від реалізації, грн.	6 051 575	5 634 225
Загальні витрати, грн.	1 642 478	1 504 340
Чистий прибуток, грн.	4 409 097	4 129 885
Рентабельність, %	268	275

Висновки до результатів. Економічний аналіз підтверджує фінансову перевагу впровадження системи No-till, яка завдяки скороченню витрат на паливе та оплату праці забезпечує зниження собівартості одиниці продукції до 17 698,11 грн/т. Попри нижчу врожайність порівняно з інтенсивною моделлю, нульова технологія дозволяє досягти вищого рівня рентабельності - 275%, що гарантує отримання 4 129 885 грн чистого прибутку на площі 85 га.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проведене дослідження підтвердило, що в умовах Степової зони України ефективність вирощування соняшнику все більше залежить не від нарощування інтенсивності обробітку ґрунту, а від раціонального використання технічних і енергетичних ресурсів. Аналіз існуючих технологічних підходів показав, що значна частина традиційних операцій супроводжується високими витратами палива та енергії, при цьому приріст урожайності є незначним або нестабільним. За таких умов актуальним є перехід до технологій, орієнтованих на збереження ресурсів і зменшення виробничого навантаження на ґрунт.

У межах дипломної роботи було розроблено та обґрунтовано енергоощадну технологію вирощування соняшнику, що базується на принципах мінімального обробітку ґрунту (no-till). Запропонований підхід дозволив скоротити кількість технологічних операцій з 11 до 9 без істотного зниження рівня продуктивності культури. Очікуване зменшення врожайності становить близько 0,2 т/га, однак цей показник компенсується значним скороченням витрат ресурсів. Зокрема, витрати палива на 1 га зменшилися більш ніж удвічі - з 324,8 до 154,4 кг/га, а трудомісткість виконання робіт скоротилася з 19,8 до 8,9 люд.-год./га, що свідчить про істотне зниження навантаження на машинно-тракторний парк.

Енергетичний аналіз чітко продемонстрував переваги запропонованої технології. Загальні енерговитрати на виробничий цикл за інтенсивної технології становили 78 083 МДж, тоді як за технології no-till вони зменшилися до 49 901 МДж, тобто майже на 36 %. Аналогічна тенденція простежується і за питомими показниками: енергоємність виробництва однієї тонни насіння знизилася з 24 401 до 18 481 МДж/т, а в розрахунку на одиницю площі - з 918,62 до 587,07 МДж/га. Це підтверджує, що відмова від енергоємних операцій основного обробітку ґрунту є ключовим фактором підвищення енергетичної ефективності технології.

Окрему увагу в роботі приділено питанням безпеки праці та дій у

надзвичайних ситуаціях під час виконання польових робіт. Зменшення кількості механічних втручань у ґрунт і скорочення проходів техніки по полю позитивно впливає не лише на енергетичні показники, а й на умови праці механізаторів, знижуючи виробничі ризики та рівень професійного навантаження під час виконання технологічних операцій.

Економічні розрахунки підтвердили, що впровадження енергоощадної технології є доцільним з практичної точки зору. У результаті оптимізації складу машинно-тракторних агрегатів та скорочення витрат палива і праці виробничі витрати на 1 га зменшилися більш ніж на 28 %. Це забезпечує зниження собівартості насіння соняшнику та створює передумови для підвищення фінансової стійкості господарства навіть за умов коливань урожайності та цінової кон'юнктури.

Узагальнюючи результати виконаної роботи, можна зробити висновок, що енергоощадна технологія вирощування соняшнику відповідає сучасним вимогам ресурсозбереження, є технічно обґрунтованою та економічно вигідною. Її впровадження дозволяє зменшити витрати енергії й матеріальних ресурсів без суттєвого погіршення врожайності, що робить запропонований підхід перспективним для застосування у господарствах Степової зони України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Shatkovskyi, A., O. Hulencko, and V. Kalilei. "Урожайність та енергетична оцінка вирощування нуту і сояшнику залежно від конструкцій систем мікрозрошення." *Plant and Soil Science* 13.3 (2022): 60-67.
2. Амонс, С. Е. "Сучасний стан, перспективи вирощування і використання енергетичних культур в Україні." *Всеукраїнська науково-практична конференція «Аграрна галузь України в умовах євроінтеграції: сучасний стан та перспективи розвитку»*. 24-25 травня 2023 року. м. Вінниця. 2023 р.
3. Гангур, В. В., and О. О. Космінський. "Біоенергетична оцінка ефективності різних рівнів мінерального живлення у технології вирощування сояшнику." *Scientific Progress & Innovations* 27.1 (2024): 13-18.
4. Грубань, Василь Анатолійович, and Олексій Степанович Садовий. "Екологічна ефективність нульового обробітку ґрунту та його вплив на кількість викидів CO₂ в землеробстві." (2025).
5. Державна служба статистики України. Економічна статистика / Економічна діяльність / Сільське, лісове та рибне господарство. <https://www.ukrstat.gov.ua/>
6. Думич В., Крупич О. Вплив способів сівби на ефективність вирощування сояшнику в умовах заходу України. The latest technologies in the agroindustrial complex: research and management. Edition 34 (48). С. 125-134.
7. Жуйков, О. Г., М. О. Іванів, and О. О. Бурдюг. "Оцінка економічної, біоенергетичної та екологічної ефективності елементів рівнів біологізації технології вирощування сояшника в умовах Південного Степу." (2021).
8. Карбовська, Любов, et al. "Формування системи управління відходами в аграрному секторі економіки України: організаційний та фінансовий аспекти." *Financial and credit activity problems of theory and practice* 5.58 (2024): 367-379.

9. Кобець А.С. Дипломне проектування з машиновикористання у рослинництві / А.С Кобець, В.Ю. Ільченко, В.Г. Бутенко, [та ін.] – ДДАУ, Дніпропетровськ, 2007. – 288 С.

10. Ковальов, Ю. М. "Порівняльний аналіз врожайності поширених гібридів соняшнику в залежності від добрив." (2024).

11. Ковбаса, Олександр, and Артур Максичка. "Сучасний стан розвитку малого підприємства в аграрному секторі економіки України." *Економіка та суспільство* 61 (2024).

12. Методичні положення та норми продуктивності і витрат палива на обробіток ґрунту /І. М. Демчак, Л. В. Кукса, В. М. Івченко, В.С. Пивовар та ін. Київ : НДІ "Укراгропромпродуктивність", 2019. 280 с.

13. О.В. Швачка, Н.О. Новошинська. Вплив строків сівби та густоти стояння рослин на урожайність гібрида соняшнику Рябота в умовах Півдня України. Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН, № 16, 2011: 121-125.

14. Онищенко, О. С. "Ефективність вирощування різних гібридів соняшнику в посушливих умовах півдня України." *ІХ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ МАГІСТРАНТІВ І СТУДЕНТІВ ЗА ПІДСУМКАМИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ 2021 РОКУ ФАКУЛЬТЕТУ АГРОТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕКОЛОГІЇ*: 26.

15. Пащенко, Оксана, and Плис Олександра. "ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ ҐРУНТУ NO-TILL." *Вплив біоекономіки на економічне зростання: матеріали доповідей*: 134.

16. Площі, валові збори та урожайність сільськогосподарських культур за їх видами та по регіонах. Державна служба статистики України.
<https://www.ukrstat.gov.ua/>

17. Поляков, О. І., О. В. Нікітенко, С. В. Вахненко. Формування продуктивності гібрида соняшнику Каменярь в залежності від агроприймів вирощування. Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН 21 (2014): 97-104.

18. Соколік С. П. Дослідження впливу системи точного висіву «Precision Planting Delta Force» на якісні показники посіву та врожайність культур. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2020. № 22. 123-128 с.

19. Ткаліч Ю.І. Реакція соняшника на зміну ширини міжрядь, прийомів догляду і норм добрив. Журнал Агроном. <https://www.agronom.com.ua/reaktsiya-sonyashnyka-na-zminu-shyryny-mizh>

20. Ткачук, О. П., and Н. В. Бондарук. "Фактори інтенсифікації та екологізації вирощування соняшнику." *Аграрні інновації*. 2023. № 18. С. 120-127. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.18.17> (2023).

21. Чалая, О. С., and О. В. Панкова. "Переваги та недоліки нульового обробітку ґрунту." *АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ, ЕКОЛОГІЇ ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ* (2023): 169.

ДОДАТКИ

Додаток А1

Технологічна карта вирощування соняшника з інтенсивним обробітком ґрунту на площі 85 га

№п/п	Операції	Од. виміру	Обсяг роботи	Склад агрегату			К-сть с.-г.м.	Годинна продуктивність	Потрібно для викон робіт		Норма витрати		Пального всього, кг	Затрати праці, люд-год	К-сть нормо-змін	Обсяг роботи, у.е.га	Енергоємність, МДж					
				трактор	зчіпка	с.-г. м.			тракторис.	доп.прац.	кг/га	праці людини люд.го/га					маш агрег	пальне	Праці людини	Добрива	Пестициди, насіння	Разом
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	Оранка ґрунту	га	85	John Deere 6R 230	—	Opticon Майстер 4А	1	1,25	1	—	18,0	0,80	1530,0	68,0	9,71	112,20	32918,8	121635	2951,2	0	0	157505
2	Боронування	га	85	Massey Ferguson 5711	—	БПГ-12	1	12,3	1	—	13,4	0,13	340,0	11,1	0,99	11,40	3345,41	90550,5	299,92	0	0	94195,8
3	Внесення карбаміду	га	85	John Deere 6R 230	—	Amazone ZA-M	1	17,2	1	—	13	0,12	54,4	10,2	0,71	8,15	1611,15	87847,5	214,477	6556,3	0	96229,4
4	Культивація	га	85	John Deere 8R 370	—	Horsh ACK 12,3	1	10,57	1	—	1,8	0,19	112,1	16,2	1,15	4,82	1049,43	12163,5	349,01	0	0	13561,94
5	Ранньовесняне боронування	га	85	Massey Ferguson 5711	—	БПГ-12	1	12,3	1	—	4,2	0,13	340,0	11,1	0,99	4,15	1324,76	28381,5	299,92	0	0	30006,175
6	Посів	га	85	John Deere 8R 370	—	Vederstad Tempo 16	1	16,5	1	—	4,2	0,12	68,4	10,2	0,74	3,09	987,545	28381,5	223,58	0	0	29592,62
7	Внесення гербіциду	га	85	John Deere 6R 230	—	Tetis 24	1	30,96	1	—	2,4	0,06	18,3	5,1	0,39	1,65	526,308	16218	119,15	0	247,3	17110,76
8	Внесення гербіциду	га	85	John Deere 6R 110	—	Tetis 24	1	30,96	1	—	5,2	0,06	18,3	5,1	0,39	1,65	277,293	35139	119,15	0	247,3	35782,7
9	Позакореневе підживлення	га	85	John Deere 6R 230	—	Tetis 24	1	30,96	1	—	5,2	0,06	18,3	5,1	0,39	1,65	277,293	35139	119,15	6556,3	0	42091,7
10	Збір врожаю	т	85	John Deere 2266	—	—	1	3,43	1	—	13,5	0,58	1270,0	49,3	3,54	—	31482,2	91226,25	1075,5	0	0	123784
11	Транспортування	т	272	DAF CF	—	—	1	11,93	1	—	13,5	0,08	128,2	46,9	3,26	—	4227,06	291924	989,51	0	0	297141
													3898,1	238,1	38,25	148,76	78027,3	838606	6760,57	13112,6	494,6	937001
												На 1 га	324,8	19,8	3,2	12,40						78083,4

Додаток А2

Технологічна карта вирощування соняшника з нульовим обробітком ґрунту на площі 85 га

№п/п	Операції	Од. виміру	Обсяг роботи	Склад агрегату			К-сть С.-г.м.	Годинна продуктивність	Потрібно для виконання робіт		Норма витрати		Пального всього, кг	Затрати праці, люд.-год	К-сть нормо-змін	Обсяг роботи, у.е.га	Енергоємність, МДж					
				трактор	зчіпка	С.-г.м.			трактор	доп.пра	пальн. кг/га, кг/т	праці людини /га					маш агрег	пальне	Праці людини	Добрива	Пестициди, насіння	Разом
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	Підвезення мінеральних добрив	т	85	Iveco Daily	—	ШП-3,5	1	26	1		4	0,04	15,1	3,3	0,47	5,39	1582,63	27030	141,88	0	0	28754,5
2	Підвезення насіння	т	85	Mercedes Atego 5t	—	—	1	23	1		4	0,04	14,2	3,7	0,53	6,10	1789,07	27030	160,39	0	0	28979,5
3	Сівба з внесенням мінеральних добрив по стерні	га	85	John Deere 8R 370	—	John Deere 1890 No-Till Air Seeder	1	8,12	1		4,3	0,12	365,5	10,5	1,50	17,27	5067,55	29057,25	454,31	6556,3	0	41135,4
4	Підвезення мінеральних добрив	т	85	Iveco Daily	—	ШП-3,5	1	26	1		4,2	0,04	9,0	3,3	0,47	1,96	626,712	28381,5	141,88	0	0	29150,096
5	Весняне підживлення	га	85	John Deere 6R 230	—	Amazone za-m 1500	1	14,6	1		2,4	0,07	26,0	5,8	0,83	3,49	1116,06	16218	252,67	6556,3	0	24142,98
6	Підвезення води	т	85	New Holland T5.90S	—	ОМП-3,5	1	10,5	1		5,2	0,10	7,0	8,1	1,16	4,86	817,619	35139	351,33	0	0	36308
7	Внесення пестицидів	га	85	John Deere 6R 230	—	Tetis 24	1	26,3	1		5,2	0,04	18,3	3,2	0,46	1,94	326,426	35139	140,27	0	247,3	35853
8	Збирання соняшника	га	85	John Deere 2266	—	—	1	3,43	1		13,5	0,58	1270,0	49,3	3,54	14,87	31482,2	91226,25	1075,5	0	0	123784
9	Транспортування насіння	т	230	DAF CF	—	—	1	11,93	1		13,5	0,08	128,2	19,2	2,75	11,54	3566,58	246310,9	834,9	0	0	250712
													1853,3	106,4	11,70	67,43	46374,9	535532	3553,15	13112,55	247,3	598820
											На 1 га		154,4	8,9	1,0	5,62						49901,6

Демонстраційний матеріал

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

Обґрунтування енергоощадної технології вирощування соняшнику

Демонстраційний матеріал до дипломної роботи освітнього ступеня «Магістр»

Виконав: студент 2 курсу, групи МгАІз-1-24 за

спеціальністю 208 «Агроінженерія»

Череп Анастасія Олексіївна

Керівник: к.т.н., доцент Макаренко Дмитро Олександрович

Огляд мети роботи

Метою роботи є обґрунтування та оцінка ефективності енергоощадної технології вирощування соняшнику в умовах Степової зони України на основі нульового обробітку ґрунту.

У процесі виконання роботи передбачено аналіз існуючих технологічних підходів до вирощування соняшнику, оцінку впливу способів обробітку ґрунту на врожайність культури, а також обґрунтування складу машинно-тракторних агрегатів для виконання основних технологічних операцій.

Основну увагу зосереджено на зниженні витрат палива, енергетичних і трудових ресурсів, оптимізації кількості технологічних операцій та підвищенні енергетичної й економічної ефективності виробництва насіння соняшнику. Отримані результати спрямовані на оцінку практичної доцільності впровадження енергоощадних технологій вирощування соняшнику та можуть бути використані у виробничій діяльності аграрних підприємств.

Шляхи підвищення показників використання техніки

Найбільш поширеними в Україні є інтенсивна, мінімальна, смугова (Strip-till) та нульова (No-till) технології вирощування соняшнику. Вибір конкретної системи визначається сукупністю факторів, зокрема ґрунтово-кліматичними умовами, рівнем технічного забезпечення та економічними можливостями господарства.

Технологія	Гібриди	Глибина обробітку, см	Норма висіву, тис. насінин/га	Внесення добрив	Урожайність, ц/га
Інтенсивна	Syngenta NK Neoma / Pioneer P64LE25	28–32	55–60 / 50–55	Передпосівне + підживлення у фазі 4–6 листків	32–36
Мінімальна	Syngenta NK Neoma / Pioneer P64LE25	15–18 (чизелювання або дискування)	55–60 / 50–55	Локальне внесення при сівбі	28–32
No-till (нульовий обробіток)	Syngenta NK Neoma / Pioneer P64LE25	0	55–60 / 50–55	Одночасно із сівбою	26–30
Strip-till (смуговий обробіток)	Syngenta NK Neoma / Pioneer P64LE25	12–15	55–60 / 50–55	Локальне внесення у смуги при сівбі	29–34

Таблиця 1 – Врожайність гібридів соняшнику залежно від технології вирощування

Огляд техніки для оптимізації енерговитрат



Рис. 1 Висівний комплекс John Deere 1890



Рис. 2 Самохідний обприскувач Case IH 4430



Рис. 3 Комбінований агрегат для обробітку ґрунту Horsh



Рис. 4 Комбінований агрегат для обробітку ґрунту Lemken

Розрахункова частина

Таблиця 2 – Спроекована технологічна карта вирощування соняшнику за інтенсивною технологією

№п/п	Операції	Од. виміру	Обсяг роботи	Склад агрегату			к-сть с.-г. м.	Годинна продуктивність	Потрібно для викон робіт		Норма витрати		Пального всього, кг	Затрати праці, люд-год	К-сть нормо-змін	Обсяг роботи, у.в.га	Енергоємність, МДж					
				трактор	зчіпка	с.-г. м.			тракторис.	доп.прац.	пальн. кг/га	праці людини люд-го д/га					маш агрег	пальне	Праці людини	Добрива	Пестициди, насіння	Разом
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	Оранка ґрунту	га	85	John Deere 6R 230	—	Opticon Майстер 4А	1	1,25	1	—	18,0	0,80	1530,0	68,0	9,71	112,20	32918,8	121635	2951,2	0	0	157505
2	Боронування	га	85	Massey Ferguson 5711	—	БПГ-12	1	12,3	1	—	13,4	0,13	340,0	11,1	0,99	11,40	3345,41	90550,5	299,92	0	0	94195,8
3	Внесення карбаміду	га	85	John Deere 6R 230	—	Amazone ZA-M	1	17,2	1	—	13	0,12	54,4	10,2	0,71	8,15	1611,15	87847,5	214,477	6556,3	0	96229,4
4	Культивація	га	85	John Deere 8R 370	—	Horsh ACK 12,3	1	10,57	1	—	1,8	0,19	112,1	16,2	1,15	4,82	1049,43	12163,5	349,01	0	0	13561,94
5	Ранньовесняне боронування	га	85	Massey Ferguson 5711	—	БПГ-12	1	12,3	1	—	4,2	0,13	340,0	11,1	0,99	4,15	1324,76	28381,5	299,92	0	0	30006,175
6	Посів	га	85	John Deere 8R 370	—	Vederstad Tempo 16	1	16,5	1	—	4,2	0,12	68,4	10,2	0,74	3,09	987,545	28381,5	223,58	0	0	29592,62
7	Внесення гербіциду	га	85	John Deere 6R 230	—	Tetis 24	1	30,96	1	—	2,4	0,06	18,3	5,1	0,39	1,65	526,308	16218	119,15	0	247,3	17110,76
8	Внесення гербіциду	га	85	John Deere 6R 110	—	Tetis 24	1	30,96	1	—	5,2	0,06	18,3	5,1	0,39	1,65	277,293	35139	119,15	0	247,3	35782,7
9	Позакореневе підживлення	га	85	John Deere 6R 230	—	Tetis 24	1	30,96	1	—	5,2	0,06	18,3	5,1	0,39	1,65	277,293	35139	119,15	6556,3	0	42091,7
10	Збір врожаю	т	85	John Deere 2266	—	—	1	3,43	1	—	13,5	0,58	1270,0	49,3	3,54	—	31482,2	91226,25	1075,5	0	0	123784
11	Транспортування	т	272	DAF CF	—	—	1	11,93	1	—	13,5	0,08	128,2	46,9	3,26	—	4227,06	291924	989,51	0	0	297141
													3898,1	238,1	38,25	148,76	78027,3	838606	6760,57	13112,6	494,6	937001
На 1 га													324,8	19,8	3,2	12,40	78083,4					

Аналіз енергетичних показників за інтенсивною технологією

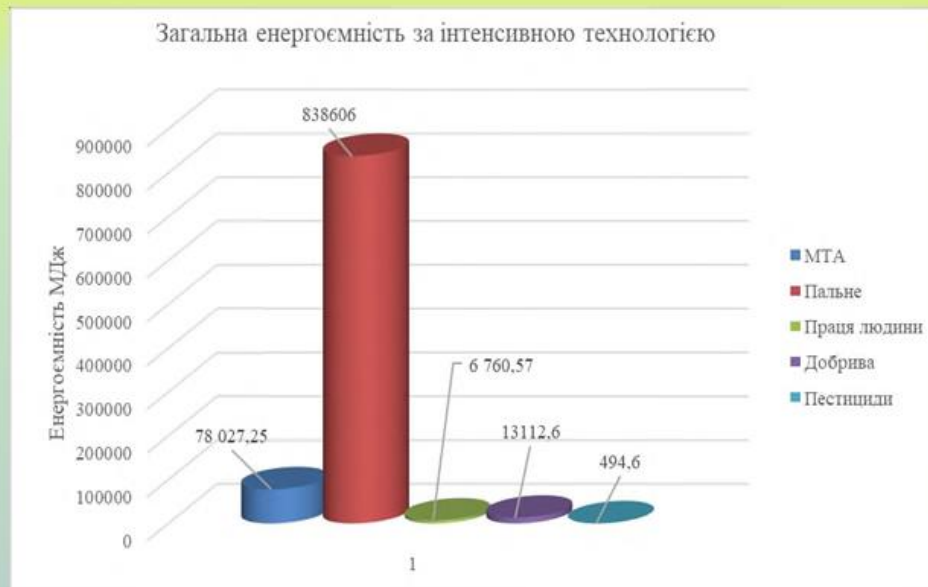


Рис. 5 Діаграма енергоємності ресурсів за інтенсивної технології

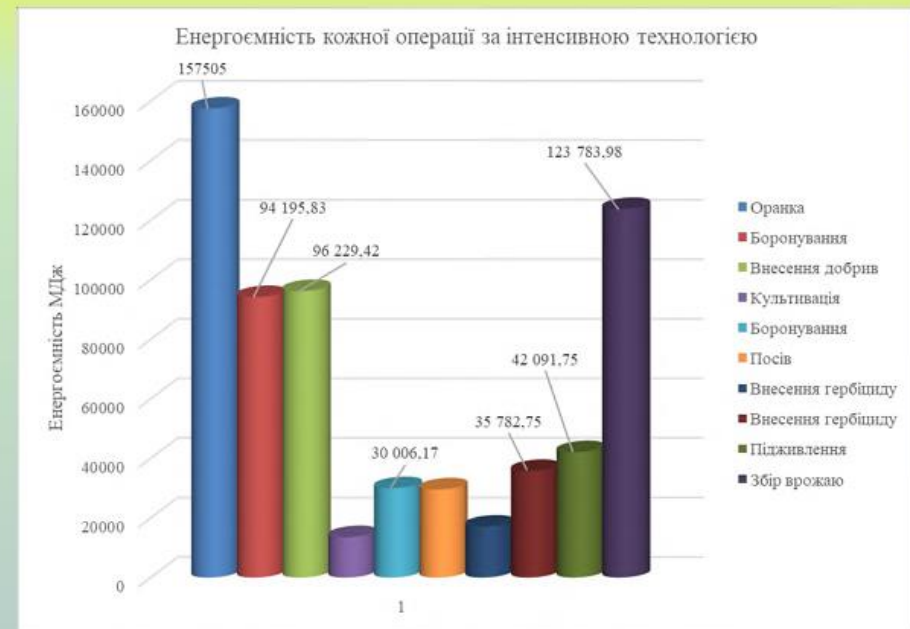


Рис. 6 Діаграма енергоємності на виконання кожної операції за інтенсивної технології вирощування

Розрахункова частина

Таблиця 3 – Спроектована технологічна карта вирощування соняшнику за нульовою технологією

№п/п	Операції	Од. виміру	Обсяг работ	Склад агрегату			к-сть с.-г.м.	Години продуктив	Потрібно для викон работ		Норма витрати		Пального всього, кг	Затрати праці, люд.-год	К-сть нормо-змін	Обсяг работи, у.в.га	Енергоємність, МДж					
				трактор	зчіпка	с.-г.м.			трактор	доп.пра	пальн. кг/га	праці людини /га					маш агрег	пальне	Праці людини	Добрива	Пестициди, насіння	Разом
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	Підвезення мінеральних добрив	т	85	Iveco Daily	—	ШП-3,5	1	26	1		4	0,04	15,1	3,3	0,47	5,39	1582,63	27030	141,88	0	0	28754,5
2	Підвезення насіння	т	85	Mercedes Atego 5t	—	—	1	23	1		4	0,04	14,2	3,7	0,53	6,10	1789,07	27030	160,39	0	0	28979,5
3	Сівба з внесенням мінеральних добрив по стерні	га	85	John Deere 8R 370	—	John Deere 1890 No-Till Air Seeder	1	8,12	1		4,3	0,12	365,5	10,5	1,50	17,27	5067,55	29057,25	454,31	6556,3	0	41135,4
4	Підвезення мінеральних добрив	т	85	Iveco Daily	—	ШП-3,5	1	26	1		4,2	0,04	9,0	3,3	0,47	1,96	626,712	28381,5	141,88	0	0	29150,096
5	Весняне підживлення	га	85	John Deere 6R 230	—	Amazone za-m 1500	1	14,6	1		2,4	0,07	26,0	5,8	0,83	3,49	1116,06	16218	252,67	6556,3	0	24142,98
6	Підвезення води	т	85	New Holland T5.90S	—	ОМП-3,5	1	10,5	1		5,2	0,10	7,0	8,1	1,16	4,86	817,619	35139	351,33	0	0	36308
7	Внесення пестицидів	га	85	John Deere 6R 230	—	Tetis 24	1	26,3	1		5,2	0,04	18,3	3,2	0,46	1,94	326,426	35139	140,27	0	247,3	35853
8	Збирання соняшника	га	85	John Deere 2266	—	—	1	3,43	1		13,5	0,58	1270,0	49,3	3,54	14,87	31482,2	91226,25	1075,5	0	0	123784
9	Транспортування насіння	т	230	DAF CF	—	—	1	11,93	1		13,5	0,08	128,2	19,2	2,75	11,54	3566,58	246310,9	834,9	0	0	250712
													1853,3	106,4	11,70	67,43	46374,9	535532	3553,15	13112,55	247,3	598820
На 1 га													154,4	8,9	1,0	5,62						49901,6

Аналіз енергетичних показників за нульовою технологією



Рис. 7 Діаграма енергоємності ресурсів за нульової технології

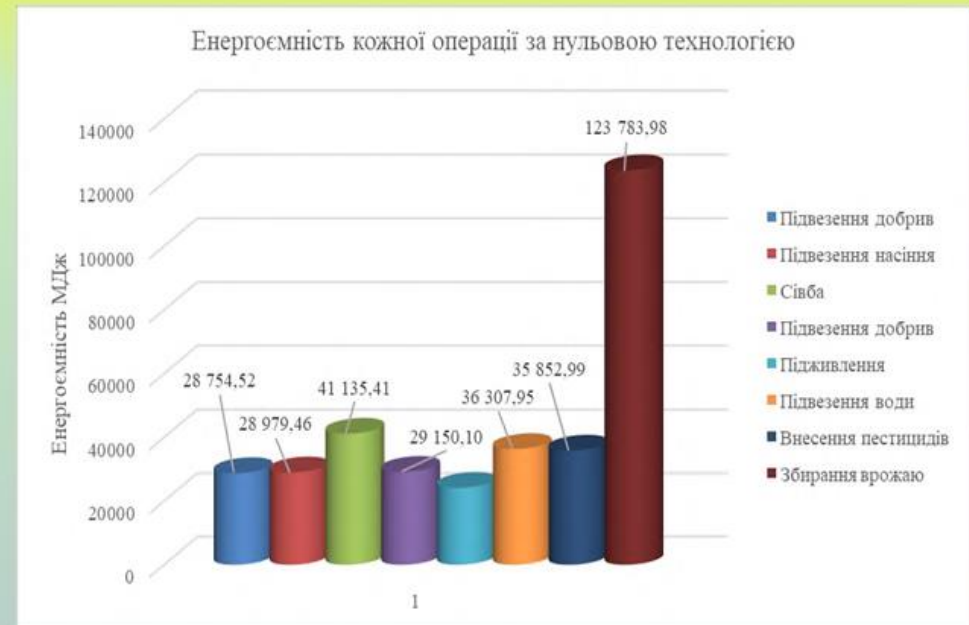


Рис. 8 Діаграма енергоємності на виконання кожної операції за нульової технології вирощування

Таблиця 4 – Витрати енергію на за технологію no-till та порівняння

№п/п	Операції за технології no-till	Енергоємність, МДж					
		МТА	Пальне	Праці людини	Добрива	Пестициди	Разом
1	Підвезення добрив	1582,63	27030,00	141,88	0,00	0,00	28754,52
2	Підвезення насіння	1789,07	27030,00	160,39	0,00	0,00	28979,46
3	Сівба з внесенням добрив	5067,55	29057,25	454,31	6556,30	0,00	41135,41
4	Підвезення добрив	626,71	28381,50	141,88	0,00	0,00	29150,10
5	Підживлення	1116,06	16218,00	252,67	6556,25	0,00	24142,98
6	Підвезення води	817,62	35139,00	351,33	0,00	0,00	36307,95
7	Внесення пестицидів	326,43	35139,00	140,27	0,00	247,30	35852,99
8	Збирання соняшника	31482,22	91226,25	1075,51	0,00	0,00	123783,98
9	Транспортування	3566,58	246310,88	834,90	0,00	0,00	250712,35
Енергетична цінність отримання продукції		За інтенсивною технологією			За технологією no-till		
На весь обсяг робіт МДж		78083			49901		
На одну тону отриманої продукції МДж/т		24401			18481		
На один гектар МДж/га		918,62			587,07		

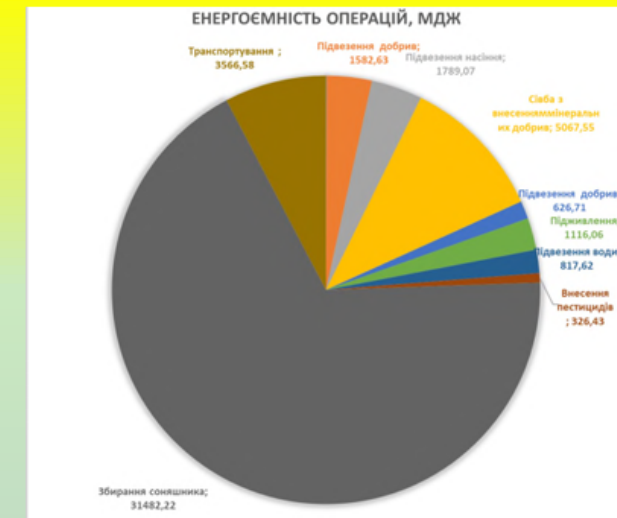


Рис. 9 Діаграма розподілу енерговитрат (no-till)



Рис. 10 Діаграма порівняння енерговитрат

Економічна доцільність запропонованого методу

Таблиця 5 – Економічні показники впровадження технології

Найменування параметру	Технологія вирощування	
	Інтенсивна	Нульова
Розмір посівних площ, га	85	85
Урожайність, т/га	2,9	2,7
Сукупний обсяг врожаю, т	246,5	229,5
Ціна реалізації одиниці продукції т, грн.	24550	24550
Виробничі витрати, грн./га		
зокрема:	1 642 478	1 504 340
- фонд оплата праці	80238	41010
- енергоносії (ПММ)	234090	111180
- добрива	956250	956250
- посівний матеріал	263500	263500
- захист рослин	90000	120000
- додаткові витрати	18400	12400
Виробнича собівартість, грн/т.	19 323,27	17 698,11
Дохід від реалізації, грн.	6 051 575	5 634 225
Загальні витрати, грн.	1 642 478	1 504 340
Чистий прибуток, грн.	4 409 097	4 129 885
Рентабельність, %	268	275



Рис. 11 Діаграма порівнянь економічного ефекту

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У межах дипломної роботи було розроблено та обґрунтовано енергоощадну технологію вирощування соняшнику, що базується на принципах мінімального обробітку ґрунту (no-till). Запропонований підхід дозволив скоротити кількість технологічних операцій з 11 до 9 без істотного зниження рівня продуктивності культури. Очікуване зменшення врожайності становить близько 0,2 т/га, однак цей показник компенсується значним скороченням витрат ресурсів. Зокрема, витрати палива на 1 га зменшилися більш ніж удвічі - з 324,8 до 154,4 кг/га, а трудомісткість виконання робіт скоротилася з 19,8 до 8,9 люд.-год./га, що свідчить про істотне зниження навантаження на машинно-тракторний парк.

Енергетичний аналіз чітко продемонстрував переваги запропонованої технології. Загальні енерговитрати на виробничий цикл за інтенсивної технології становили 78 083 МДж, тоді як за технології no-till вони зменшилися до 49 901 МДж, тобто майже на 36 %. Аналогічна тенденція простежується і за питомими показниками: енергоємність виробництва однієї тонни насіння знизилася з 24 401 до 18 481 МДж/т, а в розрахунку на одиницю площі - з 918,62 до 587,07 МДж/га. Це підтверджує, що відмова від енергоємних операцій основного обробітку ґрунту є ключовим фактором підвищення енергетичної ефективності технології.

Окрему увагу в роботі приділено питанням безпеки праці та дій у надзвичайних ситуаціях під час виконання польових робіт. Зменшення кількості механічних втручань у ґрунт і скорочення проходів техніки по полю позитивно впливає не лише на енергетичні показники, а й на умови праці механізаторів, знижуючи виробничі ризики та рівень професійного навантаження під час виконання технологічних операцій.

Економічні розрахунки підтвердили, що впровадження енергоощадної технології є доцільним з практичної точки зору. У результаті оптимізації складу машинно-тракторних агрегатів та скорочення витрат палива і праці виробничі витрати на 1 га зменшилися більш ніж на 28 %. Це забезпечує зниження собівартості насіння соняшнику та створює передумови для підвищення фінансової стійкості господарства навіть за умов коливань урожайності та цінової кон'юнктури.

Узагальнюючи результати виконаної роботи, можна зробити висновок, що енергоощадна технологія вирощування соняшнику відповідає сучасним вимогам ресурсозбереження, є технічно обґрунтованою та економічно вигідною. Її впровадження дозволяє зменшити витрати енергії й матеріальних ресурсів без суттєвого погіршення врожайності, що робить запропонований підхід перспективним для застосування у господарствах Степової зони України.

Дякую за увагу!