

ДНПРОВСЬКИЙ 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:

**ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНІКИ ПРИ ВИРОЩУВАННІ
СОНЯШНИКА З ЕНЕРГЕТИЧНОЮ ОЦІНКОЮ ТЕХНОЛОГІЙ**

Виконав: студент 2 курсу, групи МГМ-3-24 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Тарас Іваніченко

Керівник: _____ Олексій ДЕРКАЧ

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, ініці-
али)

« _____ » _____ 2025 р.

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

Іваніченка Тараса Петровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи: «Ефективність використання техніки при вирощуванні соняшника з енергетичною оцінкою технологій»
керівник роботи Олексій ДЕРКАЧ, к.т.н., доцент _____.

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

затверджені наказом ДДАЕУ від

«24» жовтня 2025 року № 3182

2. **Строк подання студентом роботи** 05.12.2025 р. _____.

3. **Вихідні дані до роботи.** Навчальний посібник «Машиновикористання в рослинництві (енергетичний аналіз)» (2025 р.), навчальний посібник «Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві» (1993 р.), офіційні сайти Кабінету Міністрів, профільних Міністерств, міжнародних організацій, періодика з технологій вирощування соняшника

4. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз стану питання. 2. Технологічна та енергетична оцінка процесів вирощування соняшника. 3. Дослідження технології вирощування соняшника з урахуванням енергетичної оцінки. 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях 5. Економічна частина. Загальні висновки. Бібліографічний список.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Титульний лист. 2. Мета, завдання. 3. Аналіз стану питання. 4. Енергетична оцінка процесів вирощування соняшника. 5, 6, 7 Дослідження технології вирощування соняшника з урахуванням енергетичної оцінки. 8. Економічна частина 9. Загальні висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Деркач О.Д., доц. каф. ЕМТП		
2	Деркач О.Д., доц. каф. ЕМТП		
3	Деркач О.Д., доц. каф. ЕМТП		
4	Деркач О.Д., доц. каф. ЕМТП		
5	Деркач О.Д., доц. каф. ЕМТП		
Нормоконтроль			

7. Дата видачі завдання: 10.06.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)		
2	Технологічна та енергетична оцінка процесів вирощування соняшника		
3	Теоретично-дослідницький		
4	Охорона праці		
5	Економічний		
6	Демонстраційна частина		

Студент
(підпис)

_____ **Іваніченко Т.П.**
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи
(підпис)

_____ **Деркач О.Д.**
(прізвище та ініціали)

Реферат

Іваніченко Т.П. Ефективність використання техніки при вирощуванні соняшника з енергетичною оцінкою технологій. Дипломна робота. ДДАЕУ, 2025 р. – 63 с.

У дипломній роботі вирішена проблема обґрунтування машинно-тракторних агрегатів при вирощуванні соняшника за двома технологіями: інтенсивній та нульовій.

Пояснювальна записка складається з аркушів формату А 4, яка включає 5 розділів, виконаної на 63 сторінках, додатків та презентаційні матеріали у форматі Power Point.

Автор роботи має наукову публікацію в Збірнику тез IV Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених (21 листопада 2025 р.) Інжиніринг технологій і технічних систем агропромислового комплексу Частина 3. Інтенсифікація сільськогосподарського і харчового виробництва. Дніпро. ДДАЕУ, 2025. – 86 с.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ.....	9
1.1. Енергія та її значення в технологіях вирощування соняшника.....	9
1.2. Аналіз технологій вирощування соняшника.....	12
1.3. Обґрунтування теми дипломної роботи.....	17
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ПРОЦЕСІВ ВИРОЩУ- ВАННЯ СОНЯШНИКА.....	19
2.1. Характеристика технологічних операцій вирощування соняшника.....	19
2.2. Обґрунтування технічних засобів за критерієм мінімальної енергоємності	26
Висновки по розділу.....	38
3. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКА З УРАХУ- ВАННЯМ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ОЦІНКИ.....	39
3.1. Характеристика традиційної технології вирощування соняшника	39
3.2. Характеристика нульової (No-till) технології.....	43
3.3. Енергетичний аналіз технологій та їх порівняльна оцінка.....	47
Висновки по розділу.....	50
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	51
4.1. Загальні положення	51
4.2. Основні небезпеки при збиранні урожаю соняшника.....	52
4.3. Порядок дій у надзвичайних ситуаціях.....	53
Висновки по розділу	54

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	55
5.1. Суть економічного ефекту.....	55
5.2. Економічна ефективність інтенсивної технології вирощування соняшника.....	56
5.3. Економічна ефективність нульової технології вирощування соняшник....	57
Висновки по розділу	58
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	60
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	62
Додатки	

ВСТУП

З початком повномасштабного вторгнення Російська Федерація на територію України (2022 р.) аграрний сектор країни опинився перед безпрецедентним викликом: воєнні дії, мінні загрози, блокада морських портів та руйнування інфраструктури створили значні складнощі для виробництва й експорту сільськогосподарської продукції. [2]. У такій кризовій ситуації аграрна галузь перетворилась на один із ключових опорних секторів економічної та продовольчої безпеки держави [3].

У цьому контексті вирощування соняшник набуває ще більшої стратегічної ваги. Соняшник та продукти його переробки — особливо соняшникова олія — традиційно є одними з основних експортних культур України, а їх доля у загальній структурі агроекспорту залишається значною навіть під час війни [3].

За даними 2025 року, аграрні товари становили близько 58 % загального експорту України. І серед лідерів за експортною вартістю — соняшникова олія. [4]. Такий показник свідчить, що навіть у роки війни саме аграрний сектор, і зокрема масляничні культури, залишаються критично важливими для валютних надходжень, стабілізації економіки та підтримки продовольчої безпеки як всередині країни, так і на світових ринках [3].

Водночас воєнні реалії створюють нові виклики: уражені землі, ризики мінування, втрати інфраструктури та логістики, підвищення енергетичних і ресурсних витрат [2]. Тому для забезпечення стабільності виробництва і збереження конкурентоспроможності українського соняшника, надзвичайно актуальним стає застосування ефективних, енергоощадних, а водночас продуктивних технологій вирощування. Саме тут питання — не просто технологічне, а стратегічне: від правильного вибору техніки та методів обробітку ґрунту, сівби та збирання залежить не лише врожайність, а й здатність агросектору працювати під тиском війни, витримувати обмежену логістику чи підвищені витрати.

Аналіз ефективності використання техніки з енергетичною оцінкою технологій дозволяє:

- кількісно оцінити витрати енергії (паливо, ресурси) на одиницю продукції;
- порівняти традиційні, мінімальні та енергоощадні технології з точки зору рентабельності, впливу на ґрунт, енергетичного балансу і екологічності;
- обґрунтувати оптимальний набір агротехніки і режимів її роботи для конкретних умов господарства (з урахуванням воєнних ризиків, логістики, економічної доцільності).

Ураховуючи, що соняшник в Україні грає ключову роль не лише в економічному, а й у стратегічному сенсі — як експортна культура, яка підтримує валютні надходження, продовольчу безпеку партнерів, а також стабільність вітчизняного агропромислового сектору під час війни — дослідження енергоефективності технологій вирощування соняшника набуває підвищеної суспільної та національної значущості.

Таким чином, предметом дослідження стане саме ефективність використання техніки для вирощування соняшника у сучасних умовах України, з детальною енергетичною оцінкою технологічних процесів. Таке дослідження має потенціал не лише забезпечити практичні рекомендації для агровиробників, але й сприяти збереженню виробництва стратегічних культур в умовах війни — а отже, підтримати економічну стійкість і продовольчу безпеку країни.

1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ

1.1. Енергія та її значення в технологіях вирощування соняшника

Енергетичні витрати є ключовим показником ефективності технологій вирощування соняшника. Вони визначають, скільки механічної, паливної та людської енергії потрібно для отримання одиниці врожаю. Чим збалансованіше застосовуються енергетичні ресурси, тим вищою є продуктивність, рентабельність і стабільність виробництва.

У той же час, як відомо, при вирощуванні будь-яких с.-г. культур, у тому числі й соняшника, облік затрат здійснюється в різних одиницях вимірювання. Бо кожен із ресурсів має власні одиниці вимірювання. Пальне вимірюють у літрах, насіння — у кілограмах або посівних одиницях, добрива — у кілограмах діючої речовини, пестициди — у мілілітрах або грамах, вода подається в кубічних метрах, електроенергія — у кіловат-годинах, а трудові витрати — у людино-годинах. Через це пряме порівняння витрат між собою є складним або навіть неможливим, адже вони належать до різних фізичних величин і не мають спільної бази для узагальнення. Ба більше, здійснювати стратегічне планування з метою визначити ефективність технології в майбутньому є надзвичайно складним завданням з точки зору точності прогнозу.

Саме тому в аграрній науці та практиці широкого поширення набув енергетичний аналіз, який передбачає переведення всіх видів витрат у єдину універсальну одиницю — Джоуль (Дж) або його кратні розмірності: кДж, МДж, ГДж. Енергія є універсальним показником, оскільки будь-який технологічний процес у сільському господарстві так чи інакше пов'язаний із перетворенням або споживанням енергії: механічної, теплової, хімічної чи електричної. І сьогодні вже існують методики проведення енергетичного аналізу при експлуатації машинно-тракторного парку. Розвитком та удосконаленням енергетичного аналізу займалися професори Пастухов В.І., Ільченко В.Ю., доцент Лімонт А.С. та інші. Сьогодні цю методику адаптують до сучасних реалій та розвивають професор Кобець А.С., доценти Деркач О.Д. та Макаренко Д.О.

Наведемо деякі переваги використання енергетичного підходу в сучасному землеробстві.

1. Уніфікація різних ресурсів. Коли паливо, добрива, насіння та праця мають єдину «валюту» — енергію — їх можна коректно порівнювати між собою. Наприклад, 1 кг дизельного пального відповідає приблизно 52,8 МДж енергії, а 1 кВт·год електрики — 12 МДж. Завдяки цьому можна визначити, який елемент технології є найбільш енергоємним і де існує потенціал для оптимізації.

2. Можливість розрахунку повних енерговитрат. Сукупна енергія, вкладена в 1 гектар вирощування соняшника, включає прямі витрати (паливо, електрика, праця) та непрямі (виробництво техніки, добрив, засобів захисту). Переведення всіх компонентів технології в Джоулі дозволяє отримати повну картину енергетичного навантаження.

3. Порівняння різних технологій. Технології традиційного, мінімального чи нульового обробітку ґрунту значно різняться за енерговитратами. Використовуючи енергетичний аналіз, можна об'єктивно оцінити, яка система забезпечує кращий баланс «витрати–результат». Наприклад, мінімальний обробіток часто знижує енерговитрати на 30–40%, зберігаючи при цьому урожайність на рівні традиційної технології або незначно знижуючи її. При цьому маржинальність технології зростає.

4. Визначення енергоефективності врожаю. Урожайність соняшника також має енергетичний еквівалент. Насіння містить певний запас хімічної енергії — зазвичай 16...20 МДж/кг (за даними [1] – 19,68 МДж/кг). Порівнюючи енергію, вкладену у виробництво, з енергією, що міститься в урожайній продукції, можна оцінити коефіцієнт енергетичної окупності (КЕО).

Наприклад:

- вкладено 3000 МДж/га,
- отримано урожай $2,5 \text{ т/га} \times 19 \text{ МДж/кг} = 47\,500 \text{ МДж/га}$.

Тоді КЕО $\approx 15,8$ — це дуже високий показник, характерний саме для олійних культур. Але, щоб отримати КЕО, необхідно прорахувати всі ресурси – прямі і

непрямі, задіяні в технології вирощування соняшника. Це ми зробимо в наступних розділах.

5. Зручність планування та управління. Коли кожна операція має енергетичну оцінку, можна:

- прогнозувати витрати,
- порівнювати технічні рішення (який трактор вигідніший),
- зменшувати непотрібні втрати,
- переходити на точне землеробство та енергозберігаючі технології.

1.1.1. Значення енергетичного аналізу при вирощуванні соняшника

Соняшник є однією з найенергоєфективніших культур, адже здатний перетворювати сонячну енергію у високу концентрацію хімічної енергії в насінні. Але для того, щоб максимально реалізувати цей потенціал, важливо оптимізувати кожен етап технології.

Оскільки енергія вимірюється лише в Джоулях, фахівець отримує інструмент, за допомогою якого можна:

- виявити операції, що «тягнуть» найбільше енергії (часто це оранка або збирання);
- оцінити вплив змін у технології на кінцевий результат;
- визначити енерговитрати на виробництво 1 тонни продукції;
- порівнювати ефективність господарств або технологічних карт між собою;
- контролювати рентабельність у довгостроковій перспективі.

Таким чином, використання енергетичної оцінки дозволяє перейти від розрізнених показників до комплексного, об'єктивного й універсального підходу. Саме через це енергетичний аналіз став невід'ємною частиною сучасних технологій вирощування соняшника та інших сільськогосподарських культур — він забезпечує чітке бачення того, куди спрямовуються ресурси і як зробити виробництво ефективнішим.

1.2. Аналіз технологій вирощування соняшника

Вирощування соняшника в Україні ґрунтується на кількох базових технологічних підходах, які відрізняються рівнем інтенсивності обробітку ґрунту, потребою в енергоресурсах та впливом на агрофізичні властивості орного шару. Вибір технології визначає структуру машинно-тракторного парку, а це, в свою чергу, затрати пального, енергетичний баланс та кінцеву продуктивність агросистеми.

1.2.1. Традиційна технологія (класичний обробіток ґрунту)

Традиційна технологія передбачає повноцінну оранку на глибину 27...32 см з наступними передпосівними культиваціями. У Дніпропетровській області, як правило, оранка виконується агрегатами на основі 60...330 к.с. – сильними тракторами в агрегативанні з 3...8-ми корпусними плугами. Наприклад: ЮМЗ-8040+ПЛН-3-35; ХТЗ-181 + ПЛН-5-35; John Deere 6930 + Kuhn Vary-5 (оборотний); Massey Ferguson 6180 + MF-8 (оборотний).

Навесні, при досягненні ґрунту фізичної стиглості (відносна вологість $W = 24...26\%$) проводиться вирівнювання поверхні ґрунту (боронування) або культивування, в залежності від стану агрофону після зими. Проводиться передпосівна культивування на глибину майбутньої сівби та через 1...2 дні здійснюється сама сівба. Після сівби може бути проведене внесення ґрунтових гербіцидів причіпними (JD 732, АГН-800 тощо) або самохідними обприскувачами (JD 4030, Hagie STS 12 тощо). У подальшому догляд проводиться за допомогою міжрядного обробітку або контроль бур'янів засобами захисту рослин (ЗЗР).

Основними перевагами такої технології є створення максимально сприятливих умов розвитку рослин шляхом інтенсивного розпушення ґрунту, загортання пожнивних решток, зниження засміченості та створення сприятливого посівного ложа. Ця технологія зарекомендувала себе як така, за якої можна отримати максимальний урожай. І це було виправдано протягом середини-кінця минулого століття. У той же час ця технологія вирізняється високими енергетичними затратами: витрати дизельного палива на оранку глибиною 30 см сягають

25...35 л/га, що відповідно збільшує сумарне енергетичне навантаження на агро-виробництво. Інтенсивний механічний обробіток ґрунту почав призводити до руйнування структурних агрегатів ґрунту, розміром 0,25...10 мм, які є основними «ґрунтоутворюючими» частинками. В результаті такого «вितिрання», ґрунт втрачав можливість накопичувати і утримувати вологу, в результаті чого кількість гумусу зменшувалася, а мінералізація – зростала. Класична система часто спричинює вторинне ущільнення ґрунту та деградацію структури, особливо на чорноземах з високим умістом глинистих часток.

Основні джерела енергоспоживання

Обробіток ґрунту. Найбільш енергоємний етап — глибока оранка, культивування, дискування. До 40–50% усіх витрат (рис. 1.1).

Посів. Витрати пов'язані з роботою сівалки та забезпеченням рівномірного внесення насіння.

Захист рослин. Енергія витрачається на внесення гербіцидів, фунгіцидів, добрив. Хоча обсяг порівняно невеликий, вплив на урожайність — суттєвий.

Збирання врожаю. Робота комбайнів, транспортування насіння — один із ключових етапів.

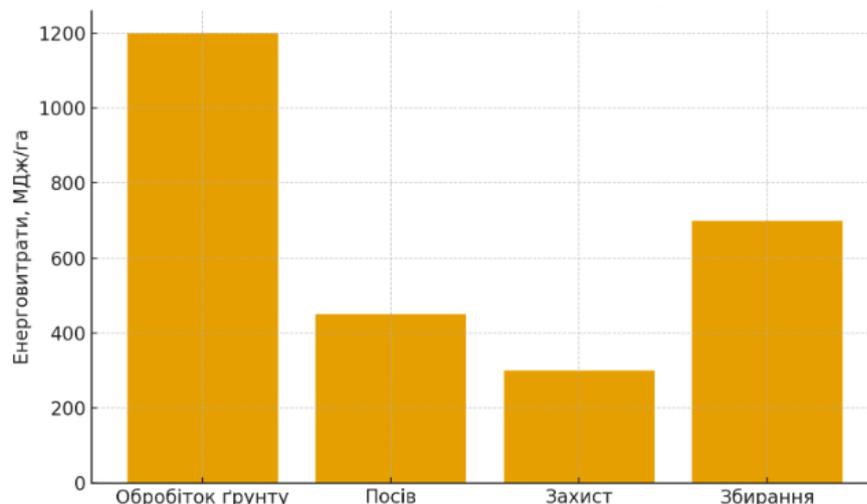


Рис.1.1. Узагальнений вигляд енерговитрат за етапами вирощування соняшника

Як видно із рис. 1.1. найбільша доля енергетичних витрат припадає на обробіток ґрунту та на збирання. А тому, при удосконаленні технології варто звернути увагу на зниження енерговитрат саме по цих етапах.

1.2.2. Мінімальна технологія обробітку ґрунту (Mini-till)

Мінімальна технологія обробітку ґрунту передбачає зменшення кількості проходів техніки та глибини обробітку ґрунту (10...15 см). Використовуються дискові та комбіновані агрегати, що одночасно розпушують, подрібнюють рештки та частково вирівнюють поверхню поля. Переваги mini-till полягають у зменшенні витрат палива на 20–30%, збереженні вологи у верхніх шарах ґрунту та збільшенні продуктивності техніки. Водночас підвищується роль гербіцидного контролю, а обмежена глибина розпушення може бути недостатньою у разі надмірного ущільнення нижніх горизонтів після тривалого використання важкої техніки. Для впровадження технології mini-till можуть застосовуватись такі агрегати: комбіновані-глибокорозпушувальні, комбіновані для передпосівного обробітку, дискові агрегати, безполицеві агрегати тощо.

До глибокорозпушувально-передпосівних комбінованих агрегатів можна віднести: Horsch Tiger 4/5/6 MT; Köckerling Vector; Bednar Fenix FO; Lemken Karat 9; Gregoire-Besson Discordon.

Також можуть використовуватись комбіновані агрегати для виключно передпосівної підготовки ґрунту: Köckerling Allrounder; Horsch Cruiser 5/6 XL; Vaderstad Carrier 525/650 + CrossCutter; Lemken System-Kompaktor; Bednar Swifter SO/SN.

Для поверхневого луцення стерні, подрібнення рослинних решток, часткового вирівнювання поля застосовуються такі дискові агрегати (короткі та середні дискатори): Horsch Joker 3–12 RT; Vaderstad Carrier (всі моделі); Lemken Rubin 10/12; Amazone Catros; Bednar Atlas AO/AE; Gregoire-Besson Discordon T; Lemken Heliodor та інші.

Глибокорозпушувачі забезпечують глибоке рихлення без обороту пласта, зберігаючи структуру та вологу: Horsch Terrano FM/FX/GX; Lemken Karat 12; Case IH Ecolo-Tiger; Bednar Terraland TO/DO; Köckerling Trio VT.

Крім традиційних агрегатів, в сучасному землеробстві набувають поширення агрегати, які працюють з мінімальним переміщенням ґрунту, зберігаючи

пожнивні рештки на поверхні: Great Plains Turbo-Max; Case IH True Tandem 335 VT; John Deere 2660VT; Salford Independent Series (5100, 5200).

Також застосовуються культиватори для мінімального передпосівного обробітку, які характеризуються тим, що здатні працювати на мінімальній глибині обробітку з високою сталістю дотримання глибини (до 4 см): Horsch Cruiser; Vaderstad NZ Aggressive; Lemken Thorit; Köckerling Allrounder Flatline

Для рівномірного розподілення прослинних решток та створення мільчі застосовуються шредери та мульчери (для прискорення мінералізації): Kuhn RM/BC/Multi-Longer; Maschio Gaspardo Tigre/Fiona; Mühling MU-Pro; Loftness Crop Shredder.

І найважливішими машинами в ланцюжку агрегатів для mini-till є сівалки: Horsch Pronto; John Deere 1895; Vaderstad Rapid RDA/Seed Hawk; Amazone Cirrus.

1.2.3. Технологія нульового обробітку ґрунту (No-Till).

No-till – це система, повністю побудована на відмові від механічного обробітку ґрунту. Сівба соняшника виконується через мульчу пожнивних решток спеціальними сівалками з монодисковими та/або анкерними сошниками. Монодисковими сошниками укомплектовані сівалки John Deere 1890/95; Turborem II 19-32/48/60 та інші. А анкерними сошниками оснащена така сівалка як Horsch-Агро-Союз АТD-18,35.

Основні переваги технології – максимальна економія пального (до 60–70% порівняно з традиційною технологією), стабільне збереження ґрунтової вологи, поліпшення структури ґрунту та активізація біологічної активності. Система добре працює в умовах Степу та Півдня України, де водний дефіцит є ключовим фактором зниження врожайності. Також досвід показує, що впроваджувати та реалізувати технологію No-Till більш ефективно відбувається на легких ґрунтах, особливо супіщаних.

До обмежень належать залежність від гербіцидного захисту, повільніше прогрівання ґрунту навесні та підвищені вимоги до рівня технічного

забезпечення. Дуже важливо в технології No-Till застосовувати техніку на гусеничних рушіях.

З відкритих джерел можемо надати окремі порівняння технологій.

Орієнтовні витрати пального такі:

- традиційна — найвищі (45–60 л/га),
- mini-till — середні (25–35 л/га),
- no-till — мінімальні (8–22 л/га).

Вплив на структуру ґрунту:

- традиційна може посилювати ущільнення;
- mini-till зменшує втрати органічної речовини;
- no-till сприяє формуванню біопор, реконструює природну структуру.

Вплив на врожайність:

- у зволжених регіонах традиційний обробіток може давати стабільно високі результати;
- у посушливих умовах mini-till і no-till забезпечують перевагу завдяки збереженню вологи;
- довгострокові дослідження показують, що при адаптованій системі удобрення врожайність no-till не поступається традиційній.

Щодо енергетичних витрат, то вони за технологіями мають приблизно такий вигляд (рис. 1.2).

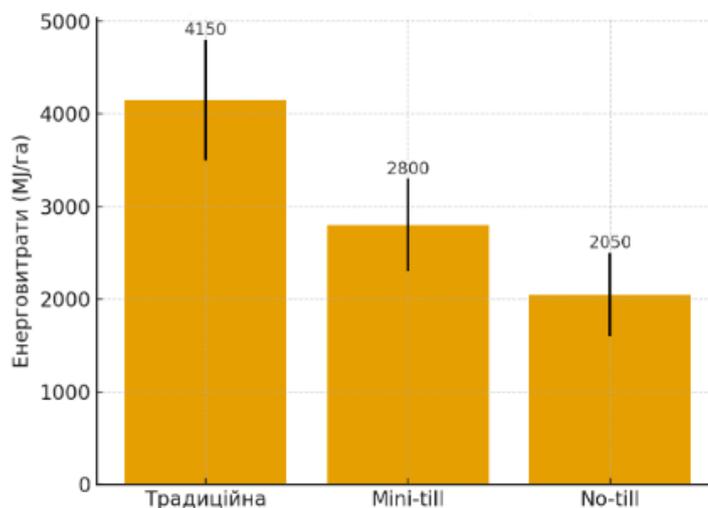


Рис.1.2. Орієнтовні енергетичні витрати за технологіями.

1.3. Обґрунтування теми дипломної роботи

Сучасні умови функціонування сільського господарства вимагають підвищення ефективності технологій вирощування основних польових культур. Соняшник є однією з ключових олійних культур України, що формує вагомую частку експортної виручки та забезпечує стабільність аграрного сектору. Водночас конкурентоздатність його виробництва значною мірою залежить від раціонального використання енергетичних ресурсів і технічних засобів.

З точки зору енергоємності, технологія вирощування соняшника є помірно енергоємною, адже включає комплекс операцій: основний та передпосівний обробіток ґрунту, посів, догляд за посівами, збирання врожаю та післязбиральну доробку. Кожна з цих операцій потребує використання тракторів, ґрунтообробних агрегатів, сівалок, обприскувачів та комбайнів. При цьому частка палива становить до 30...40 % усіх змінних витрат технології, а енергетична ефективність значною мірою визначає економічний результат виробництва.

Особливої актуальності сьогодні набуває **енергетична оцінка технологій**. Вона дозволяє:

- визначити сумарні енергетичні витрати на виконання польових робіт;
- оцінити рівень енергетичної ефективності (коефіцієнт K_{ee} – співвідношення енергії врожаю до сукупних енергетичних витрат);
- порівняти традиційні та ресурсозберігаючі технології;
- встановити оптимальні варіанти агрегування техніки;
- виявити резерви зниження енергоспоживання та підвищення продуктивності.

Перехід до енергоощадних систем обробітку ґрунту (мінімальний, strip-till, no-till) вимагає ґрунтовних розрахунків, адже різні технології мають відмінні показники витрат палива, впливу на ґрунтові властивості, рівнів врожайності та собівартості виробництва. Обґрунтоване вибирання техніки — як нової, так і наявної в господарстві — дозволяє уникнути перевитрат енергоресурсів і знизити загальні витрати на гектар.

Крім того, зміни ринку, зростання цін на дизельне паливо, а також необхідність підвищення енергонезалежності аграрних підприємств актуалізують проблему пошуку раціональних рішень у технологіях вирощування. На практиці існує потреба у зіставленні різних сценаріїв технологічних карт (наприклад, «оранка → культивування» проти «поверхневий обробіток → комбінований агрегат») та аналізі їх енергетичної та економічної ефективності.

Таким чином, тема дипломної роботи «Ефективність використання техніки при вирощуванні соняшника з енергетичною оцінкою технологій» є актуальною, науково обґрунтованою й практично значущою. Дослідження сприятиме вдосконаленню технологічних процесів у рослинництві, раціоналізації енергоспоживання та вибору оптимальних машинно-тракторних агрегатів для вирощування соняшника в сучасних умовах агровиробництва.

Тому, *метою* роботи є підвищення ефективності технологій вирощування соняшника шляхом аналізу та порівняння традиційних і ресурсозберігаючих способів обробітку ґрунту, оцінки роботи машинно-тракторних агрегатів та визначення їх енергетичної ефективності на основі розрахунку енергетичного балансу технології.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі *завдання*:

1. Проаналізувати сучасні технології вирощування соняшника та їх енергетичну структуру.
2. Провести енергетичний аналіз традиційної технології обробітку ґрунту (оранка) та нульового;
3. Виконати розрахунок енергетичних витрат у технологічних картах для технологій.
4. Розрахувати енергетичний коефіцієнт ефективності (K_{en}) для кожного сценарію.
5. Визначити економічний ефект від оптимізації використання техніки (скорочення витрат палива, зниження собівартості).

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ПРОЦЕСІВ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКА

2.1. Характеристика технологічних операцій вирощування соняшника

Процес вирощування соняшника включає низку технологічних операцій, які формують єдину технологічну систему: основний обробіток ґрунту, передпосівний обробіток, сівбу, догляд за посівами, збирання та післязбиральна доробка. Кожна операція впливає на урожайність та енергетичний баланс агротехнології. Наведені вище процеси відносяться до традиційної технології.

Основний обробіток ґрунту. Традиційною технологічною операцією у якості основної для більшості господарств є оранка на глибину 25...30 см плугами ПЛН або оборотними плугами. Оранка забезпечує загортання рослинних залишків, знищення бур'янів та створення розпушеного орного шару. Однак недоліками є:

- високі енерговитрати;
- перевитрата пального (18–28 л/га), залежно від агрегату;
- руйнування структури ґрунту;
- мінералізація гумусу та ризик ерозії.

Одним із способів зниження енергоємності оранки є застосування відвалів, виготовлених із надвисокомолекулярного поліетилену (НВМПЕ). Для цього доцільно використовувати НВМПЕ з молекулярною масою 500 і 1000. Досвід експлуатації таких плугів (див. посилання, QR та рис. 2.1) показав на зниження енерговитрат (економія пального до 1,5...2,0 кг/га) за рахунок зменшення тягового опору, підвищення якості оранки за рахунок автоколивачів відвалів та суттєве зменшення наливання ґрунту за рахунок високих антиадгезійних властивостей полімеру. У разі неможливості відмови від оранки, такі агрегати можуть слугувати як ощадливі.

https://drive.google.com/file/d/1AWQE-IBmpn2yKXrHVEV4kfnJNAutslCs/view?usp=drive_link



Рис.2.1. Орний агрегат із плугом, укомплектованим полімерними відвалами.

Професор Надикто В.Т. на доповіді у Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми землеробської механіки» (17 жовтня 2025 р.) на проблемній секції «Оранка» стверджував, що якщо від оранки неможливо відмовитись, то її необхідно проводити за умови, що коефіцієнт структурності ґрунту не перевищує 0,67. Даний показник розраховується за формулою:

$$K_C = \frac{\sum M_a}{\sum M_o} \quad K_C \geq 0,67 - \text{норма} \quad (1.1)$$

де M_a – маса частинок (грудочок) ґрунту, розміром 0,25...10 мм;

M_o – маса частинок ґрунту, розміром $\leq 0,25$ мм і > 10 мм, тобто, маса всіх інших фракцій (ґрунтових агрегатів).

Оранка виконується орними агрегатами, такими як: ЮМЗ-8040+ПЛН-3-35; ХТЗ-181+ПЛН-5-35; ХТЗ-17201 + ПЛП-6-35; John Deere 8335R + JD 3810 та багатьма іншими.

Оранка не є догматичною операцією і може бути замінена або виключена із технології взагалі. Розглянемо такі випадки.

Альтернативою до оранки є мінімальний та поверхневий обробіток, який виконується дисковими агрегатами, культиваторами або комбінованими машинами. Такий обробіток зменшує витрати палива у 1,4...2,0 рази залежно від агрегату та зберігає частину рослинних решток на поверхні, що позитивно впливає на водно-ґрунтовий режим. Особливою умовою є поверхневого обробітку при міні-тіл, є створення шару мульчі.

Передпосівний обробіток. Полягає у вирівнюванні поверхні ґрунту, закритті вологи, формування посівного ложа. Його якість визначає рівномірність глибини висіву та швидкість появи сходів. Зазвичай для цього застосовують культиватори КПС-4, КШП-6 (більш застарілі), КПС-8 «Восход», Alcor (сучасні) або комбіновані бороново-культиваторні агрегати, такі як Väderstad TopDown (рис.2.2), Vednar Astros та вітчизняні зразки типу РВК-3,6 / РВК-5,4. Витрати пального коливаються від 2,5 до 6 л/га.



Рис.2.2. Бороно-дисковий культиваторний агрегат Väderstad TopDown.

Такі агрегати за один прохід виконують декілька різнотипових операцій, в чому і полягає їх цінність. Конкретна модель такого агрегату може бути обґрунтована в залежності від багатьох факторів: технології, типу ґрунту, стану стерні попередника, майбутньої культури тощо.

Для конкретики наведемо деякі характеристики найбільш розповсюджених комбінованих агрегатів для мінімальної технології (табл. 2.1).

Таблиця 2.1. – Деякі характеристики найбільш уживаних комбінованих ґрунтообробних агрегатів

Модель (бренд)	Тип / робочі органи	Типова ширина захвату, м	Типова робоча глибина, см	Переваги / примітки
Väderstad TopDown	Диски + лапи (диско-лаповий) + вирівнювач + коток	3,0–9,0	5–30	Універсальний: подрібнює стерню, глибоко рихлить, вирівнює
Horsch Tiger (MT)	Лапи + диски + коток	3,0–8,0	5–35	Потужний, підходить для глибокого розпушування в один прохід
Bednar Actros (дисколаповий)	Диски + долота/лапи + коток	4,0–10,0	5–30	Для післяжнивного і середнього глибокого обробітку
Gregoire-Besson Discordon (комбінований)	Диски + лапи + коток/плуг	3,5–9,0	5–25	Надійний у стерні, замінює кілька операцій
Horsch Cruiser (комбінований легкий)	Лапи + диски + вирівнювач	3,0–6,0	5–20	Легкий, підходить для передпосівної підготовки в min-till
Case IH Ecolo-Tiger	Лапи + коток/задній вирівнювач	4,0–6,5	10–35	Для глибокого розпушення без інверсії шару
Lemken System-Kompaktor (комбінований)	Диски + вирівнювач + коток	3,0–8,0	5–20	Добре вирівнює й ущільнює посівне ложе
John Deere (комбіновані серії / дисколапові)	Диски + лапи + коток/вал	4,0–10,0	5–30	Інтегровані рішення з підвищеною надійністю, сервісна мережа
KUHN Optimer / Comb (комбінований)	Диски + лапи + коток/задній коток	3,0–8,0	5–30	Гнучкий набір робочих органів, підходить для різних ґрунтів
LOZOVA MACHINERY (комбіновані серії)	Диски + лапи + коток/вал	3,0–12,0	3–30	Локальні моделі, доступні й адаптовані до українських умов

Завдяки наведеним в табл. 2.1 агрегатам, стає можливим не тільки провести 2...6 технологічних операцій за один прохід, але і виконується дуже важлива умова сучасного землеробства – зменшення енергії, направленої на ущільнення ґрунту рушіями тракторів. Якщо енергія, що затрачена рушіями тракторів на ущільнення ґрунту за кожен прохід при поверхневому обробітку знаходиться в межах 8...20 МДж/га [1], то стає очевидним, що за рахунок зменшення проходів агрегату можна досягти певного енергетичного ефекту.

Сівба соняшника. Сівба є однією з найвідповідальніших операцій, адже нерівномірність розподілу насіння безпосередньо впливає на врожайність. Сучасні пневматичні сівалки точного висіву забезпечують інтервал між рослинами ± 2 см, що дозволяє оптимізувати густоту стояння та підвищити врожайність до 0,3...0,5 т/га порівняно з механічними сівалками.

Середньостандартні витрати палива на висів становлять 3,5...6 л/га залежно від агрегату та умов ґрунту.

Наведемо короткі характеристики сучасних сівалок, які можуть стати об'єктом планування в технологічних картах.

Одна із сучасних сівалок, яка набула популярності в Україні є сівалки HORSCH – Maestro (SV / SX). Це великогабаритна пневматична сівалка з центральним бункером (рис.2.3) і пневмоподачею на рядки; підходить для великих площ.

Характеристики: від 12 до 36 рядків, великі ємності насіння і добрив, AirVac / AirSpeed системи для точного дозування. Числові показники: сингуляція $\approx 96...98\%$, точність глибини $\approx 5...7$ мм, робоча швидкість $\approx 8...12$ км/год (залежить від ширини та типу рядкових елементів). [2] horsch.com+1

До переваг експлуатації даної сівалки слід віднести: висока продуктивність (для великих площ), надійність системи транспортування та подачі насіння в посівне ложе, одночасне внесення добрив.

Конструкція такої сівалки дозволяє її використовувати в системах за інтенсивних посівних операцій у великих підприємствах, а також використовується в системах mini-till та conventional, іноді у strip-till при відповідній підготовці поля.



Рис. 2.3. Сівалка HORSCH – Maestro (SV / SX) в агрегаті трактором

Також популярною є сівалка українського виробника, завод “Союз-Спецтехніка», м. Дніпро – Turbodem 19-32. Стосовно сівби соняшника має ряд значних переваг над конкурентами, а саме: сумісність із no-till / мінімальним обробітком / strip-till. Завдяки монодисковим сошникам і можливості прямого висіву сівалка не потребує передпосівної культивуації, що істотно знижує витрати палива, енергії та руйнування структури ґрунту. [3]

Сівалка має двосекційний бункер, що дає можливість одночасно вносити насіння та добрива. Це зменшує кількість проходів техніки, а отже — знижує загальні енерговитрати технології і ущільнення ґрунту [3].

Догляд за посівами за ресурсощадних технологій полягає в хімічному захисті рослин від бур'янів (гербіциди), хвороб (фунгіциди) та шкідників (інсектициди). Тому, усі заходи спрямовані на контроль бур'янів, хвороб та шкідників і забезпечуються як правило самохідними обприскувачами. Найбільш енерговитратними є хімічні обробки (обприскування), які споживають до 0,5...2 л/га пального на одну операцію.

Перевага хімічного методу – висока ефективність при низьких енергозатратах (0,3–0,5 МДж/га на одну операцію).

До сахохідних технічних засобів відносяться HAGIE STS 12/16, John Deere 4030, Amazone Pantera та інші.

Збирання врожаю соняшника здійснюється переважно комбайнами Case IH, John Deere, Claas чи New Holland. Ключові параметри:

- витрати пального — 10–18 л/га;
- продуктивність — 1,0–2,5 га/год;
- втрати — до 2–4 % при оптимальних налаштуваннях.

Ефективне налаштування жатки та контробертки дозволяє мінімізувати втрати насіння та підвищити загальну енергетичну віддачу технології.

Перші узагальнені результати розрахунку енергетичних витрат на технологічні операції подаємо в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Розподіл енерговитрат

Технологія	Витрати палива, л/га	Сумарна енергія, МДж/га	Оцінка
Оранка	55–65	2100–2400	найвищі витрати
Мінімальний обробіток	30–35	1150–1450	економія 40–45 %
No-till	18–22	750–950	економія до 60 %

1. Кобець А. С., Деркач О. Д., Макаренко Д. О. Машиновикористання в рослинництві (енергетичний аналіз): навч. посіб. Дніпро: Пороги, 2025. – 128 с.

2.2. Обґрунтування технічних засобів за критерієм мінімальної енергоємності.

Технологія вирощування соняшника, чи то інтенсивна, чи мінімальні, чи нульова, складається з багатьох операцій. Однак, в усіх них є характерні для всіх технологій операції: сівба, догляд, збирання. Для інтенсивної технології обов'язковою операцією є основний обробіток ґрунту. Одним із завдань даної роботи є обґрунтування агрегатів за критерієм мінімальних енергетичних затрат.

Проведемо дослідження з розрахунку цього параметра за методикою [1].

Визначимо енергоємність посівних агрегатів на сівбі соняшника за такими вихідними даними:

1) Case IH MX380 (трактор) + Turbosem II 19-60:

- витрати пального: 7,5 кг/га;
- ширина захвату $B_p = 11,4$ м;
- швидкість $V_p = 9,0$ км/год;
- маса трактора $M_{tr} = 14000$ кг;
- маса сівалки $M_s = 11900$ кг;

2) Case IH MX380 + Horsch Maestro SW 36.5:

- витрати пального: 8,2 кг/га;
- $B_p = 18,0$ м, $V_p = 9,5$ км/год;
- $M_{tr} = 14000$ кг, $M_s = 15200$ кг;

3) Challenger 95E + Horsch ATD 18.35:

- витрати пального: 9,0 кг/га;
- $B_p = 18,35$ м, $V_p = 12,0$ км/год;
- $M_{tr} = 15200$ кг, $M_s = 14800$ кг.

Щоб уникнути плагіату, не будемо в пояснювальній записці наводити методику розрахунку енергетичних затрат на машинно-тракторний агрегат, на затрачене пальне та на працю людини. Ця методика наведена стор. 12 – 15 в [1].

Результати розрахунків наведемо відразу в табл. 2.3 та додатково надамо їх у вигляді діаграми (рис. 2.4).

Таблиця 2.3. – Результати енергетичного аналізу посівних МТА

Агрегат	Енергетичні витрати, МДж/га			
	МТА	Паливо	Праця	Разом
МХ380 + Turbosem 19-60	157.26	596.25	4.23	757.74
МХ380 + Maestro 36.5	115.0	651.9	2.54	769.44
САТ 95Е + АТД 18.35	88.7	715.5	1.97	806.17

Як видно з отриманих даних, різниця енергоємностей сівби між наведеними агрегатами є невелика і складає максимум 6,4 %. Ця величина, в принципі є навіть розрахунковою похибкою. Проте, вигляд складових енергії показує (рис. 2.4), що різниця затрат енергії на пальне має більш виражений характер.

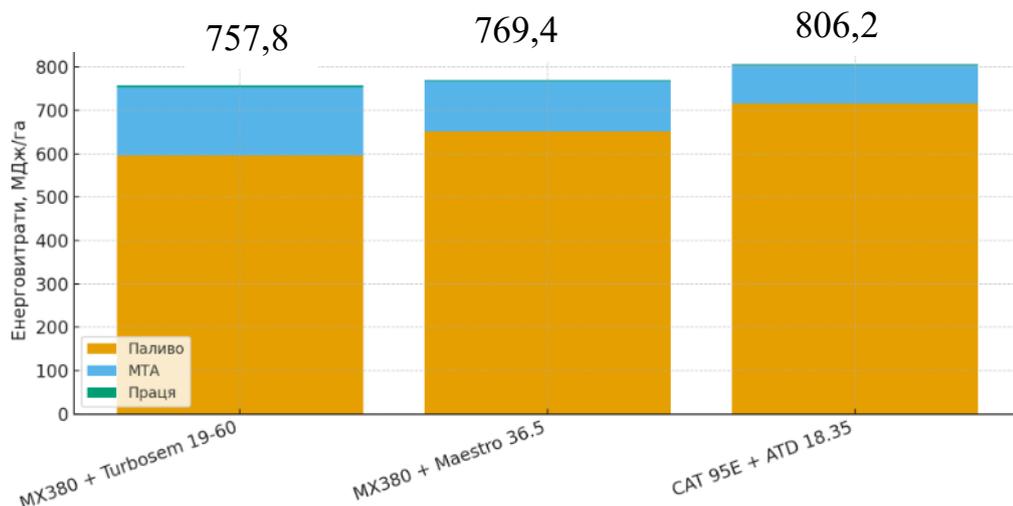


Рис. 2.4. Енергетичні витрати посівних агрегатів

Як видно з рис.2.4, різниця енергетичних витрат на пальне складає майже 20 %, що є важливим чинником при виборі агрегату. Адже пальне зараз є одним із обмежених ресурсів.

Зважаючи на те, що агрегати мають дуже близькі показники загальної енергоємності процесу, розрахуємо за формулою (4.4) в [1] кількість енергії, яка витрачається на ущільнення ґрунту:

$$E_{уц} = \frac{10 \left[G_m \cdot f_{mp} \cdot \eta_6 + G_3 \cdot f_3 + \sum_{i=1}^k (G_M \cdot f_M \cdot \eta_M) \right]}{B_p}, \quad (2.1)$$

де $E_{уц}$ – кількість енергії, затраченої на ущільнення ґрунту, МДж/га;

G_{mp}, G_M, G_3 – експлуатаційна вага енергетичного засобу, агрегатованої сільськогосподарської машини та, якщо є в агрегаті, зчіпки, кН;

B_p – робоча ширина захвату машинно-тракторного агрегату, м;

f_{mp}, f_M, f_3 – коефіцієнти: опору кочення трактора, зчіпки і сільськогосподарської машини (залежать від типу трактора та рушіїв, сільськогосподарської машини, зчіпки (табл. 8.3, 8.4, 8.5); η_6 – коефіцієнт, який враховує внутрішні втрати енергії в ходовій системі трактора (для колісних тракторів $\eta_{6к} = 0,98$; для гусеничних $\eta_{6г} = 0,90-0,93$);

η_M – кількість сільськогосподарських машин в агрегаті;

k – кількість типів сільськогосподарських машин.

Підставивши дані у формулу (2.1) наведені вище дані, а тих, що не достає, візьмемо з табл. 4.4.-4.6 [1], отримаємо такі результати:

- 1) МХ380 + Turbosem II 19-60: $E_{уц} = 32.950$ МДж/га.
- 2) МХ380 + Horsch Maestro 36.5: $E_{уц} = 23.026$ МДж/га.
- 3) САТ 95Е + Horsch АТD 18.35: $E_{уц} = 22.577$ МДж/га.

Отже, як бачимо з цих результатів, найбільшу енергію ущільнення ґрунту має агрегат МХ380 + Turbosem II 19-60, а два інших мають меншу на 43 та 46 % відповідно.

Тому, зважаючи на малу різницю параметра $E_{уц}$ двох останніх варіантів, можемо схилитися до вибору агрегату на напівгусеничній основі, так як він буде маневренішим, дешевішим в обслуговуванні, а сівалка – більш сучасна. Отже, рекомендуємо посівний агрегат МХ380 + Horsch Maestro 36.5.

Обираємо МХ380 + Horsch Maestro 36.5.

Догляд за посівами. Для догляду за посівами

Вихідні дані.

2) Hagie STS 12

- витрати пального: 0,5 кг/га;
- ширина захвату $V_p = 36,6$ м;
- швидкість $V_p = 32$ км/год;
- маса обприскувача $Mtr = 12500$ кг;

2) John Deere 4030:

- витрати пального: 0.5 кг/га;
- $V_p = 36.6$ м, $V_p = 32$ км/год;
- $Mtr = 10800$ кг,

3) Case IH Patriot 3310

- витрати пального: 0.8 кг/га;
- $V_p = 30.5$ м, $V_p = 27$ км/год;
- $Mtr = 11130$ кг,

Результати розрахунків наведемо в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Результати енергетичного аналізу обприскування

Марка обприскувача	Експлуатаційні параметри		Енерговитрати, МДж/га			
	W (га/год)	$H_{год}$ (год/га)	$E_{палива}$	$E_{МГА}$	$E_{праці}$	Разом
Hagie STS 12	87.84	0.01138	39.75	3.46	0.49	43.70
John Deere 4030	87.84	0.01138	39.75	2.99	0.49	43.23
Case IH Patriot 3310	61.76	0.01618	63.60	4.38	0.70	68.68

Отримані дані свідчать про те, що обприскувачі Hagie STS 12 and John Deere 4030 мають однакову енергоємність технологічного процесу обприскування. Case IH Patriot 3310 має більшу енергоємність на 60 %. Таким чином маємо включити в технологію один з двох самохідних обприскувачів. Зважаючи на

наявність в Дніпропетровській області офіційного дилера John Deere – компанія ТОВ «Агротек-Інвест», тож обираємо агрегат John Deere 4030.

Технологічна операція «Збирання соняшника»

Як було вказано вище, збирання соняшника – одна з найбільш енергоємних технологічних операцій після оранки. Тому, при обґрунтуванні моделі зернозбирального комбайна та його комплектування з жаткою, ми проведемо також розрахунок на кількість затраченої енергії на ущільнення ґрунту. І буде важливим фактом встановити площу слідів, які залишає комбайн на полі після проходу.

Для більш точного розрахунку енергоємності процесу збирання соняшника, необхідно задати точні вихідні дані. Наведемо їх. Для розрахунку оберемо 4 варіанти зернозбиральних комбайнів.

1. Case IH 9420 + жатка MacDon FD75 — ширина 13,75 м; витрата пального 13,5 л/га; продуктивність 6,6 га/год.

2. John Deere S670i + жатка John Deere — ширина 8,4 м; витрата пального 14,0 л/га; продуктивність 5,6 га/год.

3. Claas 770 + жатка Honey Bee 11.2 — ширина 11,2 м; витрата пального 12,6 л/га; продуктивність 6,0 га/год.

4. КЗС-9-1 «Славутич» + жатка ПЗСС-8 — ширина 5,6 м; витрата пального 15,0 л/га; продуктивність 5,6 га/год.

За методикою (стор. 36-37, [1]) та використанням інструментів ШІ, отримуємо такі результати розрахунків (табл. 2.5). Як бачимо з даних, отриманих і наведених в табл. 2.5, найбільшу частку в загальній (сукупній) енергоємності технологічного процесу збирання має енергоємність пального. В останньому стовпчику таблиці бачимо, що сукупна енергоємність збирання суттєво залежить від урожайності. Так, наприклад, із збільшенням урожайності соняшника з 2 тонн/га до 4 тонн/га, сукупна енергоємність процесу при збирання агрегатом Case IH 9420 + MacDon FD75 зменшилася з 735 МДж/т до 367 МДж/т. Тобто теж вдвічі. А, отже, залежність між урожайністю та енергоємністю збирання має лінійну залежність. Те ж саме відноситься і до інших агрегатів.

Також в загальному балансі енергоємності бачимо, що енергоємність праці людини займає дуже малий відсоток і при побудові графіків цим параметром можна знехтувати, так як його майже не буде видно в загальному балансі.

Таблиця 2.5 – Енергоємність збирання соняшника самохідними зернозбиральними комбайнами

Агрегат	Кількість		Енергоємність, МДж/га				
	Паливо, л/га	Паливо, кг/га	Е _{пал}	Е _{МА}	Е _{пл}	Е _{загальне}	Е _{загальне}
Case IH 9420 + MacDon FD75	13.5	11.34	901.53	562.00	6.58	1470.11	735.05 / 490.04 / 367.53
John Deere S670i + жатка JD (8.4 м)	14.0	11.76	934.92	521.33	7.75	1463.99	731.99 / 487.99 / 365.99
Claas 770 + Honey Bee 11.2	12.6	10.58	841.41	455.17	7.23	1303.81	651.91 / 434.60 / 325.95
КЗС-9-1 'Славу- тич' + ПЗСС-8	15.0	12.60	1,001.70	387.62	7.75	1397.07	698.54 / 465.69 / 349.27

Для легшого візуального порівняння на основі даних табл. 2.5 інтепретували дані на рис.2.5. Найменшу енергоємність збирання соняшника має агрегат Claas 770 + Honey Bee 11.2. При цьому жатка Honey Bee 11.2 – це зернова жатка. Але вона може бути дообладнана ліхтерами, що дозволить її використовувати і на збиранні соняшника. Такий досвід має ТОВ «Агро КМР», в якому комбайни на гусеничному ході Case IH 9420 на збиранні соняшника комплектуються переобладнаними жатками MacDon FD75. Це дозволяє підвищити продуктивність комбайнів, так як їх пропускна здатність висока, а існуючі соняшникові

приставки не здатні завантажити молотарки на необхідну продуктивність. Однак, незважаючи навіть український комбайн КЗС-9-1 із приставкою ПЗСС-8 є конкурентним у порівнянні із сучасними світовими марками машин.

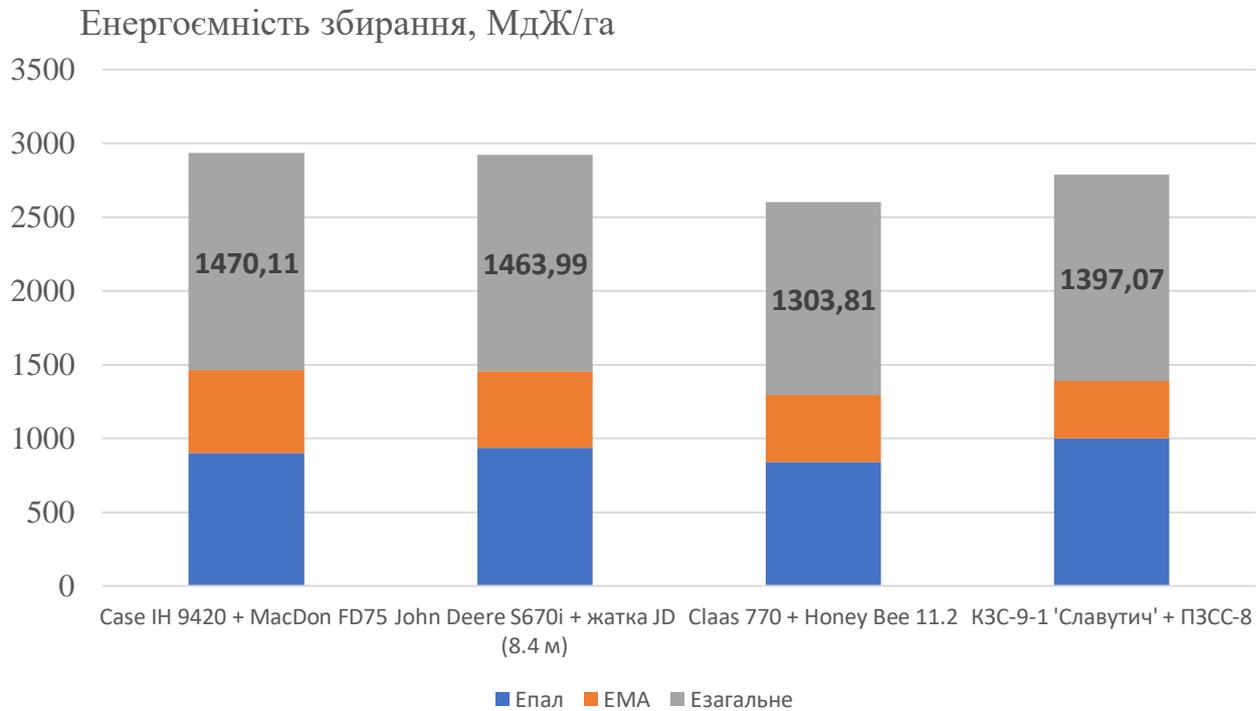


Рис. 2.5. Загальний вигляд балансу енерговитрат збирання соняшника

Проте, в такому випадку, коли енергоємність процесу для всіх машин знаходиться в наближеному діапазоні (різниця між максимумом і мінімумом складає 12 %), необхідно увести ще один критерій і порівняти характеристики комбайнів за цим критерієм. Один із таких критеріїв є ущільнення ґрунту. Спочатку важливо знати фізичний аспект дії рушіїв на ґрунт. Як приклад, з'ясуємо, який відсоток поверхні ґрунту буде підданий дії рушіїв і, як наслідок такої дії, ущільнений. Для цього, наприклад, візьмемо поле, площею 100 га, яке має, середньостатистичні розміри: довжина гону 1100 м, ширина 909 м.

Пропонуємо розрахувати цю площу, використовуючи стандартні методи геометрії. Обґрунтовуємо вихідні дані.

$$\text{Площа поля } S = 100 \text{ га} = 1\,000\,000 \text{ м}^2.$$

Якщо один прохід комбайна здійснюється уздовж довшої сторони $a = 1100$ м, то кількість проходів по ширині поля b визначається як ціле число згідно формули:

$$N_{\text{проходів}} = \lceil b/B_r \rceil,$$

де B_r — робоча ширина захвату жатки (м).

Вважаємо, що кожна пряма прохідна колія має дві стрічки ущільнення від рушіїв (ліва й права) – це ширина однієї гусениці/одного колеса,. Тому ширина ущільнення на один прохід буде знаходитись як подвійна ширина рушія комбайна.

Довжина кожного колійного відрізка = 1 100 м (довжина поля).

Тоді площа ущільнення $A_{\text{ущ}}$ (без врахування головних розворотів/головних площин) обчислюється як:

$$A_{\text{ущ}} = N_{\text{проходів}} \times (2 \cdot w_{\text{рушія}}) \times a.$$

У розрахунки не включено додаткову площу ущільнення в місцях розвороту (headland), транспортних шляхах до поля, під'їздах, та можливих подвійних смуг при маневрах. Результати розрахунків наведено в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Частка ущільненої площі поля рушіями комбайнів

№	Агрегат	B_p , м	$B_{\text{руш}}$ м	Н проходів	Площа ущільнення A , м ²	Частка ущільненого поля, %
1	Case IH 9420 + MacDon FD75	13.75	0.9	67	132 660 м ²	13.27
2	John Deere S670i + JD (8.4 м)	8.4	0.8	109	191 840 м ²	19.18
3	Claas 770 + Honey Bee 11.2	11.2	1.0	82	180 400 м ²	18.04

№	Агрегат	$B_p, \text{ м}$	$B_{руш} \text{ м}$	Н про- ходів	Площа ущіль- нення $A, \text{ м}^2$	Частка ущіль- неного поля, %
4	КЗС-9-1 «Славу- тич» + ПЗСС-8	5.6	0.8	163	286 880 м^2	28.69

Як бачимо з табл. 2.6, незважаючи на порівняну конкуренцію вітчизняного комбайна КЗС-9-1 «Славутич» щодо енергоємності процесу із сучасними зарубіжними комбайнами, щодо ущільнення ґрунту він є найгіршим. Тобто, ущільнює максимальну площу поля – майже 29 %.

Разом з тим, важливо знати і кількість енергії, яку витрачають рушії на ущільнення ґрунту. Чим більша енергія – тим сильніше ущільнення ґрунту і тим гірше.

Вихідні дані наведемо в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Вихідні дані для розрахунку енергії ущільнення ґрунту

Комбайн	Маса, кг	Вага (G), кН
Case IH 9420	19 144	191.4
JD S670i	15 310	153.1
Claas 770	18 200	182.0
Славутич	12 000	120.0
Жатка	Маса, кг	Вага (G_m), кН
MacDon FD75	3 879	38.0
JD 8.4 м	1 500	14.7
HoneyBee 11.2	1 800	17.7
ПЗСС-8	1 700	16.7

За формулою (4.4), стор. 78 [1] знаходимо шукану величину і отримаємо такі значення:

$$\text{Case IH 9420} + \text{MacDon (гусеничний хід)} - E_{ущ} = 12,45 \text{ МДж/га};$$

John Deere S670i + JD 8.4 м (колісний) – $E_{уш} = 13,72$ МДж/га;

Claas 770 + HoneyBee (гусеничний) – $E_{уш} = 13,24$ МДж/га;

КЗС-9-1 «Славутич» + ПЗСС-8 (колісний) – $E_{уш} = 16,79$ МДж/га.

Отже, бачимо, що мінімальний енергетичний вплив на ґрунт чинить комбайн Case IH 9420 в агрегаті з жаткою MacDon FD75 – 12,45 МДж/га, а максимальний – комбайн КЗС-9-1 «Славутич» + ПЗСС-8 – 16,79 МДж/га, що на 35 % більше. Таким чином можемо на основі проведених розрахунків зробити наступні висновки та рекомендації щодо використання вказаних зернозбиральних комбайнів.

1. Ширина захвату жатки комбайна – це ключовий фактор для зменшення площі ущільнення. Встановлено, що комбайн Case IH (13.75 м) дає найменшу площу ущільнення (~13.3%), тоді як мала ширина захвату приставки ПЗСС-8 (5.6 м) у «Славутича» — найбільшу (~28.7%). Що це означає практично? Інвестування в широкозахватні жатки або скорочення кількості проходів значно зменшить частку ущільнення.

2. Гусеничний хід + велика ширина захвату дають найменший негативний вплив на ґрунт при збереженні продуктивності. Так комбайн Case IH 9240 показав найменшу енергію ущільнення і кращий профіль у нормалізованому порівнянні. Рекомендація: для чутливих до ущільнення полів використовувати гусеничну або напівгусеничну техніку.

3. Енергоємність збирання (МДж/га) істотно залежить від пального + «енергетичного еквівалента» машини. Так, комбайн Claas у нас мав найменший показник сукупної енергії $E_{заг}$ (1303.8 МДж/га) — це дає нижчі енергозатрати при тих самих урожайностях. Що це означає? Для зниження загальної енергоємності слід поєднувати економічні двигуни, оптимальні жатки і підвищення урожайності. Розрахунки показали, що енергоємність збирання зменшується лінійно при зростанні урожаю.

4. Виявлено, що комбайн КЗС-9-1 «Славутич» — найгірший за кількістю енергії, що спрямована (витрачається) на ущільнення ґрунту у нашому наборі. Якщо у господарстві є така техніка — бажано обмежити її використання

на полях з високою родючістю, або модернізувати рушії (ширші шини/зменшення тиску, застосування здвоєних коліс або заміна на більш сучасну техніку).

5. Енергія ущільнення ґрунту ($E_{уш}$) – відносно невелика в абсолюті, але фактор її впливу значний для довгострокової родючості. Так, розраховані числа $\sim 12-17$ МДж/га виглядають невеликими порівняно з паливною енергією, але вони корелюють з фізичними змінами ґрунту і накопичуються роками.

6. Для користувачів техніки важливо запропонувати опції для помітного поліпшення, які матимуть як мінімум два таких елементи: низька складність, великий ефект. Це такі як:

- застосування широкозахватних жаток або агрегування комбайнів із жатками з якомога більшою шириною захвату, які є в доступності;
- перехід на гусеничні ходові системи там, де це економічно виправдано;
- контроль тиску в шинах (низький тиск знижує питомий тиск);
- уникати робіт по полю у вологих умовах (найбільш ризиковані для ущільнення). Оптимальна вологість ґрунту складає 24...26 %.

Також, на основі проведених розрахунків надамо практичні рекомендації по кожному агрегату

Case IH 9420 + MacDon FD75

- *Переваги:* найменша площа ущільнення, найменша енергія ущільнення, висока продуктивність → найкращий сумарний профіль (найменша відстань до ідеалу).
- *Недоліки:* вища повна енергоємність збирання у порівнянні з Claas (але це компенсується іншими показниками).
- *Рекомендація:* використовувати як базовий еталон для технологічних карт; тримати оптимальний тиск і не зменшувати ширину жатки.

Claas 770 + Honey Bee

- *Переваги:* найнижча сукупна енергоємність збирання (найкраща по цій осі).
- *Недоліки:* середня площа ущільнення і енергія ущільнення.

- Рекомендація: чудовий вибір, якщо пріоритет — мінімізація енергозатрат; розглянути гусеничний/напівгусеничний варіант для подальшого зниження ущільнення.

John Deere S670i

- Переваги: збалансований профіль.
- Недоліки: менша ширина жатки → вища площа ущільнення.
- Рекомендація: оптимізувати маркування шляхів/паралельні проходи, застосувати STF/зменшення кількості проходів.

КЗС-9-1 «Славутич»

- Переваги: технологічних немає, економічні, - дешевша/доступніша на вторинному ринку.
- Недоліки: мала ширина захвату жатки, висока частка ущільнення та енергія ущільнення, як наслідок, значний негативний вплив на ґрунт.
- Рекомендація: обмежити її використання на чутливих ділянках або модернізувати рушії (ширші шини/здвоєння), розглянути заміну/оновлення.

Врахувати всі параметри технічних характеристик в одній діаграмі можна, застосувавши метод відстані до цілі. Як видно з рис. 2.6 кращим варіантом за сукупними показниками є варіант Case IH 9240 + MacDon FD 75.

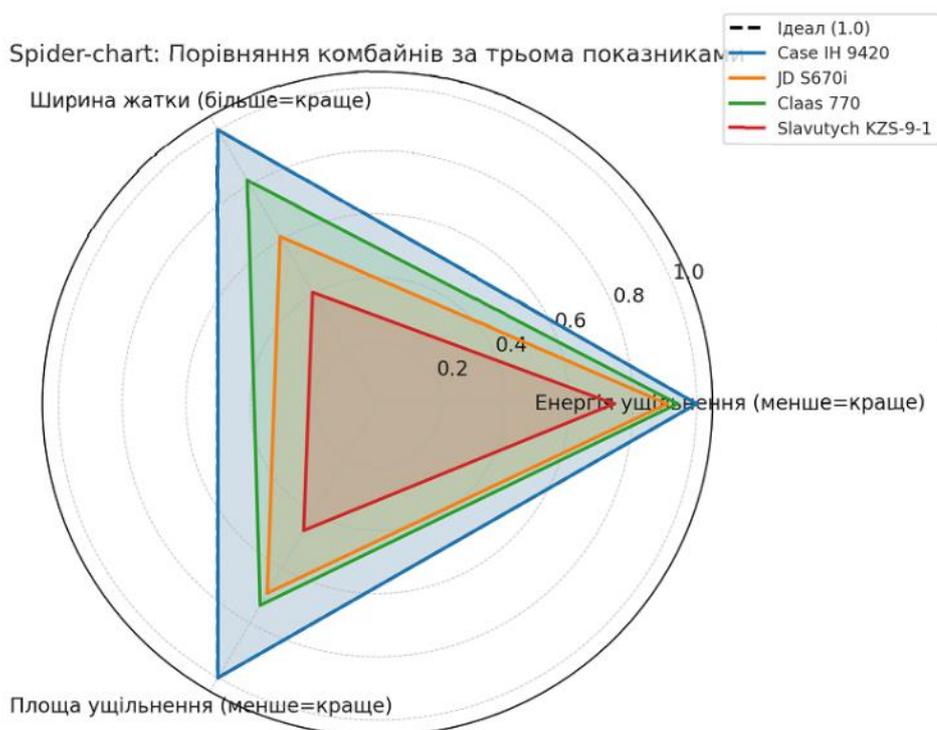


Рис. 2.6. Порівняння показників комбайнів за методом відстані до цілі

На основі проведених у даному розділі налітичних досліджень можемо зробити такі висновки.

Висновки по розділу.

Для виконання сівби обґрунтовано посівний агрегат із такими енергетичними показниками: MX380 + Horsch Maestro 36.5: $E_{уц} = 23.026$ МДж/га; сукупні затрати енергії на технологічний процес сівби $E_з = 769.44$ МДж/га.

Для догляду за рослинами оптимальним варіантом є самохідний обприскувач John Deere 4030 – сукупні затрати енергії на технологічний процес $E_з = 42,43$ МДж/га.

Збирання врожаю буде забезпеченні в стислі агротехнічні терміни комбайнами Case IH 9420 + MacDon FD75, які мають найбільшу сукупну загальну енергоємність – $E_з = 1470$ МДж/га; але найменшу долю енергії ущільнення ґрунту $E_{уц} = 12,45$ МДж/га, що є кращим екологічним показником.

3. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКА З УРАХУВАННЯМ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ОЦІНКИ

У попередньому розділі нами було проведено енергетичне обґрунтування вибору машинно-тракторних агрегатів для основних операцій технологічного процесу вирощування соняшника. На основі критеріїв мінімізації сумарних енерговитрат (паливних, технологічних, енергії на утворення колії, витрат праці та машинного часу) було визначено найбільш раціональні агрегати для умов господарства.

У цьому розділі метою є побудова та аналіз технології вирощування соняшника з урахуванням енергетичної оцінки кожної операції, а також порівняння двох підходів у землеробстві:

- традиційної технології (передбачає механічний обробіток ґрунту, культивуації, передпосівну підготовку тощо),
- нульової технології (No-till), що базується на відмові від обробітку ґрунту, збереженні стерні та максимальному зменшенні енергозатрат на створення посівного шару.

Включення раніше обґрунтованих агрегатів до технологічної карти дозволяє порівняти альтернативні технологічні варіанти не тільки за умовним «переліком операцій», а за їх реальною енергоемністю, що є значно точнішим та науково обґрунтованим підходом.

3.1. Характеристика традиційної технології вирощування соняшника

Традиційна технологія вирощування соняшника сьогодні досить популярна. Її притримуються, як малі фермерські господарства, так і середні, і навіть великі агрохолдинги. Варто зазначити, що такі підприємства-ідеологи нульового обробітку, як ПрАТ «Агро-Союз» та ТОВ «Агро КМР» відмовилися від нульового обробітку на майже 90% площ. Причини цьому різні і не є темою дипломної

роботи. А тому доцільно з урахуванням обґрунтованих у розділі 2 агрегатів розробити технологічну карту вирощування соняшника за інтенсивною технологією.

Отже, інтенсивна технологія передбачає:

- дискування стерні (1–2 рази), перше дискування проводиться на глибину 6...8 см; друге дискування – через 8...10 днів – на глибину 10...12 см.

Згідно методики розрахунків енергоємності технологічних процесів, наведеної у Розділі 2 та [1], отримуємо такі показники енергоємності, як наведено нижче в табл. 3.1. Різниця в затратах енергії на двох дискуваннях пояснюється різною глибиною обробтки.

Таблиця 3.1 – Показники енергоємності дискування

МТА		W, га/год	H, кг/га	З, люд-год/га	E _{МТА}	E _{ПАЛ}	E _{ПЛ}	E _{ЗАГ}
John Deere 6125M	Ducat-5	7,5	6,7	0,13	58080	536625	5208,0	599913
John Deere 6125M	Ducat-5	8	7,5	0,12	53898,8	572400	4882,5	631181

- у визначені агротехнічні строки проводиться оранка плугом з передальниками на глибину 27...30 см; плануємо агрегат за критерієм максимальної продуктивності, бо оранка – відносно повільний процес – John Deere 8335R + John Deere 3810. Енергоємність оранки (табл. 3.2) є значною і найбільшу долю займає саме енергоємність пального.

Таблиця 3.2 – Показники енергоємності оранки

МТА		W, га/год	H, кг/га	З, люд-год/га	E _{МТА}	E _{ПАЛ}	E _{ПЛ}	E _{ЗАГ}
John Deere 8335R	J3810	1,94	16,5	0,51	98981,5	1180575	20092	1299649

- задля створення рівної поверхні і збереження вологи, навесні проводимо ранньовесняне боронування широкозахватним агрегатом; враховуємо, що це весняний перший виїзд, тому плануємо гусеничний трактор, наприклад ХТЗ-181;

Таблиця 3.3 – Показники енергоємності ранньовесняного боронування

МТА		W, га/год	H, кг/га	З, люд-год/га	E _{МТА}	E _{ПАЛ}	E _{ПЛ}	E _{ЗАГ}
ХТЗ-181	BEDNAR ATLAS AE_PROFI	12,0	2,2	0,08	18383	157410	3255	179047

- передпосівний культивацийний обробіток проводимо безпосередньо перед посівом на глибину загортання насіння агрегатом John Deere 6175M + JD2210. Загальна енергоємність культвації склала 433145 МДж і найбільша доля енергетичних витрат припадає на пальне. Внесемо ці дані в технологічну карту.

Таблиця 3.4 – Показники енергоємності передпосівної культвації

МТА		W, га/год	H, кг/га	З, люд-год/га	Е _{МТА}	Е _{ПАЛ}	Е _{ПЛ}	Е _{ЗАГ}
John Deere 6175M	JD 2210	8,92	5,5	0,11	35243	393525	4376	433145

Сівбу виконаємо, застосувавши сівалки John Deere 1890, так як дана модель може працювати в інтенсивній технології.

Таблиця 3.5 – Показники енергоємності сівби

МТА		W, га/год	H, кг/га	З, люд-год/га	Е _{МТА}	Е _{ПАЛ}	Е _{ПЛ}	Е _{ЗАГ}
Case STX 500	John Deere 1890	6	5,5	0,17	22035	393525	6510	422070

Внесення ґрунтового та контактного гербіцидів, догляд за рослинами здійснюємо агрегатом John Deere 4030; Агрегат має високу продуктивність за рахунок значної ширини захвату і високої робочої швидкості. Традиційно, найбільша доля енергоємності технологічного процесу припадає на пальне.

Таблиця 3.6 – Показники енергоємності передпосівної культвації

МТА		W, га/год	H, кг/га	З, люд-год/га	Е _{МТА}	Е _{ПАЛ}	Е _{ПЛ}	Е _{ЗАГ}
John Deere 4030		75	1,5	0,01	1714	107325	521	109559

Збирання проводимо найменш енергоємним зернозбиральним комбайном Lexion 770 на напівгусеничному ході. Як бачимо з табл. 3.7. в загальному балансі енергоємності значну долю вже займає і енергоємність самого комбайна Е_{МТА} = 283050 МДж. Це вказує на більшу складність конструкції машини.

Таблиця 3.7 – Показники енергоємності передпосівної культвації

МТА		W, га/год	H, кг/га	З, люд-год/га	Е _{МТА}	Е _{ПАЛ}	Е _{ПЛ}	Е _{ЗАГ}
Lexion770	Honey Bee 11.2	6,0	10.46	0.33	283050	748269	13020	1044339

На основі вказаних технологічних операцій та обґрунтованих енергетичних засобів отримаємо таку технологічну карту на вирощування соняшника за інтенсивною технологією (рис. 3.1).

Технологічна карта вирощування соняшнику за інтенсивною технологією на площі 900 га																
Технологічні операції	Обсяг роботи			Склад агрегату			К-сть с.-г.м.	Години в пробуктві	Потрібно для викон. робіт	Норма витрати	Пальн. ос. к/га ; люд.-год /га	Праці людини	Енерговміст, МДж	Насіння, пестициди	Разом	
	с	га	м	трактор	зчілка	с.-г.м.										трактор
1 Дискування стерні попередника перше	3	4	900	John Deere 6125M	6	7	1	7,5	1	0,133	6,7	58080,0	479385,0	5208,0	52673,0	
2 Дискування стерні попередника друге	3	4	900	John Deere 6125M	6	7	1	8	1	0,125	7,5	53896,0	536625,0	4882,5	595406,3	
3 Оранка	3	4	900	John Deere 8335R	6	7	1	1,94	1	0,51	16,5	98981,5	1180575,0	20092,6	1299649,1	
4 Ранньосівне борошування	3	4	900	X73-181 BEDMAR ATLAS AE_PROF	6	7	1	12	1	0,08	2,2	18382,5	157410,0	3255,0	179047,5	
5 Передпосівна культивування	3	4	900	John Deere 6175M	6	7	1	8,925	1	0,11	5,5	35243,7	393525,0	4376,5	433745,2	
6 Навантаження насіння	3	4	430	JSB 540-170	6	7	1	20	1	0,2	0,1	4121,6	6837,0	93,1	11891,7	
7 Навантаження мінеральних добрив	3	4	90	JSB 540-170	6	7	1	20	1	0,67	0,33	1820,3	4793,9	195,3	6809,4	
8 Транспортування насіння та завантаження	3	4	94	Case IH310	6	7	1	6,14	1	0,67	0,33	6192,7	5006,9	664,4	11864,0	
9 Сіба	3	4	900	Case STX 500	6	7	1	6	1	5,5	0,17	22035,0	393525,0	6570,0	2250294,0	
10 Плевезання води	3	4	45	Volvo FM 440	6	7	1	50	1	1,4	0,02	155,2	5008,5	39,1	737562,7	
11 Плевезання гербіциду	3	4	45	Volvo FM 440	6	7	1	8,43	1	4,4	0,12	2274,0	15741,0	231,7	18246,7	
12 Внесення гербіциду на поверхню поля (зрунтової)	3	4	900	John Deere 4030	6	7	1	75	1	1,5	0,01	1713,6	107325,0	520,8	109559,4	
13 Плевезання води	3	4	45	Volvo FM 440	6	7	1	50	1	1,1	0,02	113,3	3935,3	39,1	4087,6	
14 Плевезання гербіциду	3	4	45	Volvo FM 440	6	7	1	8,43	1	6,2	0,24	1318,0	22180,5	463,3	966761,8	
15 Внесення контактної гербіциду	3	4	900	John Deere 4030	6	7	1	75	1	1,5	0,01	7680,8	107325,0	520,8	115506,6	
16 Плевезання води	3	4	45	Volvo FM 440	6	7	1	50	1	1,1	0,02	135,0	3935,3	39,1	4709,3	
17 Плевезання гербіциду	3	4	45	Volvo FM 440	6	7	1	2,9	1	16,3	1,38	29281,0	56313,3	673,4	438533,7	
18 Внесення контактної гербіциду	3	4	900	John Deere 4030	6	7	1	1,96	1	4,5	0,51	65571,4	321975,0	19928,6	407475,0	
19 Збирання врожаю	3	4	1200	Lexion770	6	7	1	6	1	10,458	0,33	283050,0	748269,9	13020,0	1044339,9	
20 Робота бункера-перевантажувача	3	4	3150	Case IH310	6	7	1	17,82	1	0,29	0,88	71502,5	72623,3	7671,7	151797,5	
21 Транспортування врожаю на склад	3	4	3150	Volvo FH 13	6	7	1	17,82	1	0,29	0,88	26691,9	72623,3	7671,7	106986,9	
										Кое = 6,53		761531	4624315	89265	1828224	9455747

Рис. 3.1. План механізованих робіт на вирощування соняшника за інтенсивною технологією з енергетичною оцінкою

3.2. Характеристика нульової (No-till) технології

Отже, за нульової технології будь-який обробіток ґрунту відсутній. Так як ми не обробляємо ґрунт, але він піддається негативній дії рушіїв техніки важливо застосовувати техніку на гусеничному, напів гусеничному ходу. А якщо це неможливо, то колісну техніку з широкопрофільними колесами, шинами низкого тиску тощо. Саме для цього ми у Розділі 2 і проводили додаткові розрахунки по визначенню енергії, яка затрачається на ущільнення ґрунту. Цей критерій також має враховуватись при обґрунтуванні тієї чи іншої моделі техніки.

Тому, нульова технологія вирощування будь-якої культури, як, власне і соняшника, розпочинається із прямого посіву.

У Розділі 2 ми обґрунтували агрегат для прямого посіву – це MX380 + Horsch Maestro 36.5 SW. Цей агрегат в конструктивному плані та технологічному плані досить складний, тому, як бачимо з табл. 3.8., що енергоємність МТА займає близько 20 % від загальної (сукупної) енергоємності від технологічного процесу сівби.

Таблиця 3.8 – Показники енергоємності прямої сівби

МТА		W , га/год	H , кг/га	Z , люд- год/га	$E_{МТА}$	$E_{Пал}$	$E_{Пл}$	$E_{ЗАГ}$
Case MX 380	Horch Maestro 36,5 SW	12,82	8,2	0,08	103500	586710	3047	1982452

Висока продуктивність агрегату обумовлена ще й тим, що сівалка має великий об'єм бункера 12500 л, а норма висіву насіння соняшника невелика – 65...75 тис. насінин на га або 4,8 кг/га. Таким чином, протягом зміни чи навіть світлового дня заправка сівалки насінням не відбувається, бо його достатньо для роботи протягом цього часу. Заправка посеред зміни відбувається тільки добривами. Це підвищує коефіцієнт використання часу зміни.

Догляд за посівами здійснюється обраним самохідним агрегатом John Deere 4030, як такий, що має однакову енергоємність технологічного процесу обприскування разом з агрегатом Hagie STS 12, але John Deere 4030 доступніший у плані виробничої та технічної експлуатації, має меншу масу, а отже, цей агрегат

доцільний і ми його вносимо в техкарту з такими технологічними параметрами (табл. 3.9).

Таблиця 3.8 – Показники енергоємності хімічного догляду

МТА	W, га/год	H, кг/га	З, люд- год/га	Е _{МТА}	Е _{ПАЛ}	Е _{ПЛ}	Е _{ЗАГ}
John Deere 4030	87	0.18	0,011	1191	12879	449	14519

Через ультранизьку норму внесення засобів захисту рослин (ЗЗР) – на рівні 25 л/га робочого розчину та вирівняну поверхню полів, даний агрегат працює без дозправки протягом 185 га на швидкості 32 км/год. Цим обумовлена висока продуктивність і низька енергоємність технологічного процесу. Такі параметри обприскувача були реалізовані в ТОВ «Агро КМР» Павлоградського району, Дніпропетровської області.

Збирання врожаю соняшника. Обґрунтована модель зернозбирального комбайна – Case IH 9240 у комплекті із зерною жаткою MacDon FD 75, модернізованою для збирання соняшника (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Зернозбиральний комбайн Case IH 9240 у агрегаті із зерною жаткою MacDon FD 75, модернізованою для збирання соняшника: доукмоплектовано ліхтери. Ширина захвату 13,75 м.

Технологічний процес збирання соняшника такою жаткою та момент вивантаження насіння в бункер-перевантажувач, можна переглянути, зісканувавши QR-код нижче.



Таблиця 3.9 – Показники енергоємності збирання соняшника

МТА	W , га/год	H , кг/га	Z , люд- год/га	$E_{МТА}$	$E_{Пал}$	$E_{Пл}$	$E_{ЗАГ}$
Case IH 9240 + MacDon FD 75	6,6	9,41	0,15	13800	673442	5918	693161

Розроблена технологія характерна мінімізацією впливу рушіїв на ґрунт.

На практиці вантажним автомобілям під час підвозу добрив, води, перевезення врожаю заборонено виїзд на поле (рис. 3.3).

Таким чином, обґрунтовані агрегати із їх техніко-технологічними та енергетичними характеристиками вносимо в технологічну карту (рис. 3.4).



Рис.3.3. Вантажні автомобілі завантажують виключно за межами поля

Технологічна карта вирощування соняшника за нульовою технологією на площі 900 га	Технологічні операції	Од витру	Склад агрегату			к-сть с.-г.м	Години продуктивність	Потрібно для викон. робіт	Пальн ово. к/га ; люд.-год /га	Праці люди, люд.-год /га	mat agra	пальне	Праця людини	Енерговитрата, МДж	Насіння, пестициди	Разом					
			трактор	зілка	с.-г.м																
1	Протруєння насіння	кг	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	Протруєння насіння	кг	430	CTZ-10	Peikus	ел. дв	1	3,67	1	0,25	0,54	15231,6	1343,8	5085,0							21660,4
2	Навантаження насіння	кг	430	JSB 540-170			1	13,3	1	0,25	0,15	7591,3	8546,3	1403,2							17540,7
3	Навантаження мінеральних добрив	т	90	JSB 540-170			1	20	1	0,2	0,1	862,650	1431,0	195,3							2489,0
4	Транспортування насіння та завантаження	т	94	Case IH310			1	6,14	1	0,67	0,33	6192,671	5006,9	664,4							11864,0
5	Пряма сівба	га	900	Case IHX 380			1	12,82	1	8,2	0,08	103500,0	586710,0	3046,8							1982452,8
6	Підвезення води	т	22,5	Volvo FM 440			1	50	1	0,67	0,02	67,500	1198,5	19,5							1285,5
7	Підвезення гербіциду	т	22,5	Volvo FM 440			1	8,43	1	0,67	0,24	1629,448	1198,5	115,8							612965,5
8	Внесення справжнього гербіциду	га	900	John Deere 4030			1	87	1	0,18	0,011	1191,724	12879,0	449,0							14519,7
9	Підвезення води	т	22,5	Volvo FM 440			1	3,8	1	0,68	0,53	119,000	1216,4	257,0							1592,9
10	Підвезення фунгіцидів	т	22,5	Volvo FM 440			1	3,1	1	6,6	2,55	743,175	11805,8	315,0							855313,9
11	Хімічний обробіток	га	900	John Deere 4030			1	84	1	0,5	0,011	1234,286	35775,0	465,0							37474,3
12	Підвезення води	т	22,5	Volvo FM 440			1	50	1	1,1	0,02	67,500	1967,6	19,5							2054,7
13	Підвезення десиканту (реалон)	т	22,5	Volvo FM 440			1	2,9	1	16,3	1,38	14640,517	29156,6	336,7							350266,0
14	Десикація	га	900	John Deere 4030			1	87	1	0,29	0,011	1197,724	20749,5	449,0							22390,2
15	Збирання врожаю	га	900	Case IH 9240			1	6,6	1	9,41	0,15	13800,000	673442,9	5918,2							693161,1
16	Робота бункера-перевантажувача	т	2430	Case IHX310			1	17,82	1	0,29	0,88	55159,091	56023,7	5918,2							117100,9
17	Транспортування врожаю на склад	т	2430	Volvo FH 13			1	17,82	1	0,29	0,88	20590,909	56023,7	5918,2							82532,7
																					4873742
																					1805682
																					1289196
																					12821
																					718985
																					154264
																					8,87
																					Кое = 8,87

Рис.3.4. План механізованих робіт на вирощування соняшника за нульовою технологією з енергетичною оцінкою

3.3. Енергетичний аналіз технологій та їх порівняльна оцінка

Отже, на основі отриманих даних і проведених розрахунків енергоємності окремих технологічних операцій, підраховали загальні енергетичні витрати на вирощування соняшника на площі 900 га за двома технологіями.

Отримали:

- традиційна технологія: 9 455 747 МДж;

- нульова технологія: 4 873 742 МДж/га.

В цілому, по технологічним операціям енергетичний баланс технологій має такий вигляд (табл. 3.10).

Таблиця 3.10 – Енергоємність технологій за функціональними ознаками

№	Технологічна операція	Інтенсивна технологія, МДж	Нульова технологія, МДж
1	Обробіток ґрунту	2625580	0
2	Сівба / пряма сівба	2280859,1	2014346,4
3	Внесення добрив	1293441,6	677483
4	Хімічний захист	1 952 742	1 289 117
5	Збирання врожаю	1044339,9	693161,1
6	Транспортування	258784,4	199633,7
	Разом	9 455 747	4 873 742

З табл. 3.10 бачимо, що загальна енергоємність нульової технології є меншою майже вдвічі проти інтенсивної (4 873 742 МДж проти 9 455 747 МДж). Це наслідок відмови від обробітку ґрунту та проведені розрахунки щодо обґрунтування раціональних МТА на виконанні технологічних операцій.

Для кращої наглядності дані результати доцільно інтерпретувати у вигляді діаграми Ганта (рис. 3.5).

Одним із фінальних показників ефективності технології є коефіцієнт енергетичної ефективності. Він визначається як відношення кількості енергії, отриманої у вирощеній продукції до затреченої енергії. Затрачена енергія у нас у же поражена і відображена в техкартах.

Кількість енергії, що знаходиться у вирощеній продукції, знайдемо за формулою (1.2, [1]):

$$E_n = (Y_o - Y_{zo} - Y_{yo}) \cdot K_c \cdot \alpha_{no} + Y_n \cdot K_c \cdot \alpha_{nn}, \quad (3.1)$$

де Y_o , Y_n – урожайність насіння соняшника кг/га; незернову частину при збиранні соняшника ми залишаємо на полі і не враховуємо енергію заключену в цій частині;

Y_{zo} , Y_{yo} – кількість домішок у воросі насіння соняшника і усушка (доведення до базової вологості), кг/га; для соняшника базова вологість складає 8,0 %;

K_c – коефіцієнт вмісту сухої речовини (с.р.) у насіння соняшника (табл. 1.3 [1]);

α_{no} , α_{nn} – енергетичний еквівалент одержаної основної і незернової частини врожаю, МДж/кг с.р. (табл. 1.3[1]).

Коефіцієнт енергетичної ефективності інтенсивної технології складе:

$$E_{EE} = (3500 - 70) \cdot 0,92 \cdot 19,38 \cdot 900 / 9455769 = 6,53.$$

Коефіцієнт енергетичної ефективності нульової технології складе:

$$E_{EE} = (270 - 60) \cdot 0,92 \cdot 19,38 \cdot 900 / 4873742 = 8,87.$$

Таким чином, встановлено, що енергетична ефективність нульової технології вища і складає 8,87. Це означає, що при реалізації цієї технології ми отримаємо у 8,87 разів більше енергії у вирощеній продукції, ніж затратимо на її вирощування. Інтенсивна технології показує теж високий показник $K_{ee} = 6,53$, однак, дана технологія передбачає досить інтенсивний механічний вплив на ґрунт. Як ми це обговорювали раніше, це призводить до деструктуризації ґрунту і, як наслідок, до зниження його родючості, що йде врозрід з парадигмою місії будь-якої технології.

Висновки до розділу

Встановлено, що сумарна енергоємність інтенсивної технології становить 9455769 МДж, тоді як для нульової технології — 4873742 МДж. Таким чином, перехід до нульової технології забезпечує зменшення загальних енерговитрат на 3 450 072 МДж, або приблизно на 49 %.

Основною причиною такої різниці є структура технологічних операцій. В інтенсивній технології домінуючу частку енерговитрат формує механічний обробіток ґрунту (дискування, оранка, боронування) – 2 625 580 МДж. Лише операція оранки характеризується надзвичайно високою енергоємністю, що істотно збільшує сумарні витрати енергії на гектар.

Найбільший внесок у підвищення енергетичної ефективності забезпечило обґрунтування та використання агрегату прямої сівби (трактор Case IH MX 380 + Horsch Maestro 36,5 SW), який дозволив:

- поєднати кілька технологічних операцій в один прохід;
- скоротити витрати пального;
- зменшити непрямі енерговитрати, пов'язані з ущільненням ґрунту та повторними заїздами техніки.

У результаті переходу від інтенсивної до нульової технології коефіцієнт енергетичної ефективності виробництва підвищується, оскільки на одиницю отриманої продукції припадає значно менша кількість витраченої енергії. Це свідчить про більш раціональне використання енергетичних ресурсів у системі No-till.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДВЗИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Загальні положення

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях під час збирання урожаю соняшника є невід'ємною складовою технологічного процесу та спрямована на збереження життя і здоров'я працівників, а також на запобігання аваріям, пожежам і надзвичайним ситуаціям природного, техногенного та воєнного характеру.

Збирання соняшника здійснюється комбайнами Case IH 9240, укомплектованими зерновими жатками MacDon FD 75, переробленими для збирання соняшника. Вивантаження насіння з бункерів комбайнів проводиться у бункери-перевантажувачі Kinze 1500, агреговані з тракторами Case IH MX 380, з подальшим завантаженням автомобільного транспорту на краю поля без заїзду автомобілів на ріллю.

Організація безпечних умов праці здійснюється відповідно до чинного законодавства України та нормативно-правових актів з охорони праці, зокрема:

- Закону України «Про охорону праці»;
- Кодексу цивільного захисту України;
- Правил охорони праці у сільськогосподарському виробництві;
- Правил пожежної безпеки в Україні;
- Державних санітарних норм щодо шуму, вібрації та мікроклімату;
- інструкцій заводів-виробників сільськогосподарської техніки.

До виконання робіт допускаються лише особи не молодші 18 років, які пройшли медичний огляд, вступний та первинний інструктаж з охорони праці, навчання з питань пожежної безпеки та цивільного захисту, а також мають відповідне посвідчення на право керування технікою.

4.2. Основні небезпеки при збиранні урожаю соняшника

Під час виконання технологічного процесу збирання соняшника можливе виникнення таких основних небезпечних і шкідливих виробничих факторів:

- механічні небезпеки, пов'язані з роботою рухомих та обертових частин комбайнів Case IH 9240, жаток MacDon FD 75, вивантажувальних шнеків, механізмів бункерів-перевантажувачів Kinze 1500;
- небезпека наїзду та зіткнення машин, особливо під час одночасної роботи комбайнів, тракторів з бункерами-перевантажувачами та транспортних засобів;
- пожежна небезпека, обумовлена наявністю сухих стебел соняшника, пилу, паливно-мастильних матеріалів та високої температури елементів двигунів;
- підвищений рівень шуму і вібрації, що негативно впливає на стан здоров'я механізаторів;
- несприятливі метеорологічні умови (висока температура повітря, пиловий фактор);
- фізичне та психоемоційне перевантаження працівників у період пікового навантаження;
- небезпеки надзвичайного та воєнного характеру, зокрема повітряні тривоги, поява безпілотних літальних апаратів, ракетна небезпека, наявність вибухонебезпечних предметів. Останнє має найбільший негативний вплив



Рис. 4.1. Пошкоджений російською міною комбайн при збиранні соняшника.

Таблиця 4.1 – Основні небезпеки та заходи їх попередження

Небезпечний фактор	Джерело небезпеки	Заходи безпеки
Механічні травми	Рухомі частини жатки, шнеки	Захисні кожухи, заборона обслуговування при працюючому двигуні
Пожежа	Рослинні рештки, ПММ	Вогнегасники, очищення машин, заборона куріння
Наїзд техніки	Маневрування агрегатів	Чітка схема руху, радіозв'язок
Шум, вібрація	Двигуни машин	Кабіни з шумоізоляцією, регламент праці
Воєнні загрози	Дрони, ракети	Негайне припинення робіт, укриття

4.3. Порядок дій у надзвичайних ситуаціях

У разі виникнення аварійної ситуації або поломки техніки роботу необхідно негайно припинити, заглушити двигуни машин, встановити техніку на безпечній ділянці та повідомити керівника робіт. Усунення несправностей допускається лише після повної зупинки всіх механізмів.

При виникненні пожежі оператор повинен негайно зупинити машину, відключити електроживлення, застосувати первинні засоби пожежогасіння та повідомити пожежно-рятувальну службу. У разі загрози життю персоналу необхідно залишити небезпечну зону.

Під час оголошення повітряної тривоги всі польові роботи негайно припиняються. Персонал зобов'язаний перейти до визначених укриттів або безпечних місць відповідно до вимог цивільного захисту.

У разі виявлення безпілотних літальних апаратів, ракет або підозрілих предметів на полі чи поблизу нього роботи зупиняються, персонал відходить на

безпечну відстань, а інформація передається відповідним службам. Самостійне переміщення підозрілих предметів забороняється.

Висновки по розділу

У розділі розглянуто основні вимоги з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях під час збирання урожаю соняшника із застосуванням сучасних високопродуктивних машин. Дотримання вимог нормативно-правових актів, правильна організація технологічного процесу та своєчасне реагування на надзвичайні ситуації дозволяють мінімізувати виробничі ризики та забезпечити безпечні умови праці.

Особливого значення набуває дотримання заходів безпеки в умовах воєнного стану, що є важливим чинником збереження життя працівників і стабільності сільськогосподарського виробництва.

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1. Суть економічного ефекту

Економічний ефект при впровадженні різних технологій вирощування соняшника формується за рахунок співвідношення між виручкою від реалізації продукції та сукупними витратами на її виробництво. Основними чинниками, що визначають рівень економічної ефективності, є урожайність культури, структура виробничих витрат, ціни на матеріально-технічні ресурси та паливно-енергетичні засоби.

Для інтенсивної технології вирощування соняшника планова урожайність становить 3,5 т/га, що на площі 900 га забезпечує валовий збір 3150 т насіння. Високий рівень урожайності досягається завдяки застосуванню повного комплексу агротехнічних операцій, включаючи багаторазовий обробіток ґрунту, використання мінеральних добрив та інтенсивної системи захисту рослин. Проте реалізація даної технології супроводжується значними витратами дизельного пального за ціною 65 грн/л, високими витратами на мінеральні добрива (32 000 грн/т), а також значною паливо- та енергоємністю механізованих процесів.

Нульова технологія вирощування соняшника передбачає планову урожайність 2,7 т/га, що забезпечує валовий збір 2430 т на тій самій площі. Незважаючи на менший рівень урожайності, дана технологія характеризується істотним скороченням витрат за рахунок повної відмови від механічного обробітку ґрунту. Це дозволяє значно зменшити споживання дизельного пального, кількість машинно-тракторних агрегатів та трудові витрати, що особливо важливо за умов високої вартості енергоносіїв.

При однаковій ціні реалізації насіння соняшника 22 000 грн/т різниця у валовому зборі між технологіями компенсується зниженням собівартості продукції при нульовій технології. Зменшення витрат на паливо, ремонт і експлуатацію техніки, а також скорочення кількості технологічних операцій формує позитивний економічний ефект навіть за нижчої урожайності.

Таким чином, економічний ефект інтенсивної технології формується переважно за рахунок максимізації врожайності, тоді як економічний ефект нульової технології досягається за рахунок зниження експлуатаційних та енергетичних витрат. Остаточна економічна доцільність застосування кожної з технологій визначається порівняльними показниками собівартості, прибутку та рівня рентабельності, що буде доведено подальшими економічними розрахунками.

5.2. Економічна ефективність інтенсивної технології вирощування соняшника

Економічна оцінка технологій вирощування соняшника проведена з метою порівняння інтенсивної та нульової (No-Till) технологій і визначення їх доцільності в умовах сучасного сільськогосподарського виробництва. Розрахунки виконано для умов 2024/2025 сільськогосподарського року з використанням даних технологічних карт та прийнятих економічних показників.

Вихідні дані для розрахунків:

- урожайність за інтенсивною технологією – **3,5 т/га**;
- урожайність за нульовою технологією – **2,7 т/га**;
- ціна реалізації насіння соняшника – **22 000 грн/т**;
- вартість дизельного палива – **65 грн/л**;
- середня ціна засобів захисту рослин – **600 грн/л**.

Загальні витрати на вирощування соняшника за інтенсивною технологією включають витрати на паливно-мастильні матеріали, насіння, мінеральні добрива, засоби захисту рослин, оплату праці, а також інші виробничі витрати.

Витрати на дизельне паливо визначаються за формулою:

$$Z_{\text{нал}} = C_{\text{нал}} \cdot Q_{\text{нал}}, \quad (5.1)$$

де: $C_{\text{нал}}$ – ціна 1 кг дизельного палива.

Загальні виробничі витрати на 1 га за інтенсивною технологією приймаються на основі технологічної карти та становлять **29 000 грн/га**.

Собівартість 1 т продукції визначається за формулою:

$$C = C_{\text{ЗАГ}} / Y$$

де $C_{ЗАГ}$ – загальні витрати на 1 га, грн; $У$ – урожайність, т/га.

$$C_{ЗАГ} = 29000 / 3,5 = 8286 \text{ грн/т.}$$

Виручка від реалізації продукції:

$$В = У / Ц,$$

де $Ц$ – ціна реалізації, грн/т.

$$В = 3,5 \cdot 22000 = 77000 \text{ грн/га.}$$

Прибуток з 1 га:

$$П = В - C_{ЗАГ} = 77000 - 29000 = 48,000 \text{ грн/га.}$$

Рівень рентабельності виробництва:

$$R = П \cdot 100 / C_{ЗАГ} \cdot 100 = 48,000 \cdot 100 / 29,000 = 165,5\%.$$

Отже, рівень рентабельності інтенсивної технології вирощування складає 165,5 %. Це високий показник.

5.3. Економічна ефективність нульової технології вирощування соняшника

Нульова технологія вирощування соняшника характеризується зменшенням кількості механізованих операцій, скороченням витрат пального та оплати праці, однак потребує підвищених витрат на засоби захисту рослин.

Загальні виробничі витрати за нульовою технологією відповідно до технологічної карти становлять **23 000 грн/га**.

Собівартість 1 т продукції:

$$C_{ЗАГ} = 23000 / 2,7 = 8286 \text{ грн/т.}$$

Виручка від реалізації продукції:

$$В = 2,7 \cdot 22,000 = 59400 \text{ грн/га.}$$

Розраховуємо величину прибутку на 1 га:

$$П = В - C_{ЗАГ} = 59400 - 23000 = 36400 \text{ грн/га.}$$

Рівень рентабельності:

$$R = П \cdot 100 / C_{ЗАГ} \cdot 100 = 36400 \cdot 100 / 23000 = 158,3\%.$$

Таблиця 5.1 – Порівняльна економічна оцінка технологій вирощування соняшника

Показник	Інтенсивна технологія	Нульова технологія	Відхилення No-till/Intensive
Урожайність, т/га	3,5	2,7	– 22,9
Виробничі витрати всього, грн	16 500 000	12 520 000	– 24,1
Насіння, грн	4 320 000	4 320 000	0
Мінеральні добрива, грн	2 880 000	2 200 000	– 23,6
ПММ, грн	6 100 000	3 400 000	– 44,3
ЗЗР, грн	3 200 000	2 600 000	– 18,8
Виручка, грн/га	77 000	59 400	– 22,9
Загальні витрати, грн/га	29 000	23 000	– 20,7
Собівартість, грн/т	8 286	8 519	+1,02
Прибуток, грн/га	48 000	36 400	– 24,2
Рентабельність, %	165,5	158,3	– 4,35
Енергетична ціна 1 т продукції, МДж/т	3001	2005	– 33,2
Енергонасиченість, МДж/га	10506	5415	– 48,5

Висновки до розділу

Проведені розрахунки свідчать, що обидві технології вирощування соняшника є економічно ефективними. Інтенсивна технологія забезпечує вищу урожайність і, відповідно, більший прибуток з 1 га, проте характеризується вищими виробничими витратами та енергоємністю.

Нульова технологія дозволяє суттєво зменшити витрати на паливно-мастильні матеріали та механізовані роботи, що є важливим чинником в умовах

зростання вартості енергоносіїв. Незважаючи на нижчу урожайність, рівень рентабельності нульової технології залишається високим, що підтверджує доцільність її застосування в умовах сучасного агровиробництва.

Варто зазначити ще й той факт, що в умовах обмежених людських ресурсів впровадження нульової технології може стати рішенням щодо збереження функціонування підприємства. Хоча така технологія потребує висококваліфікованого персоналу, як вищого, середнього менеджменту, так і виробничого персоналу.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Показано, що Перехід до енергоощадних систем обробітку ґрунту (мінімальний, strip-till, no-till) вимагає ґрунтовних розрахунків, адже різні технології мають відмінні показники витрат палива, впливу на ґрунтові властивості, рівнів врожайності та собівартості виробництва. Обґрунтоване вибирання техніки — як нової, так і наявної в господарстві — дозволяє уникнути перевитрат енергоресурсів і знизити загальні витрати на гектар.

2. Обґрунтовано посівний агрегат із такими енергетичними показниками: MX380 + Horsch Maestro 36.5: $E_{\text{уш}} = 23.026$ МДж/га; сукупні затрати енергії на технологічний процес сівби $E_3 = 769.44$ МДж/га. Для догляду за рослинами оптимальним варіантом є самохідний обприскувач John Deere 4030 – сукупні затрати енергії на технологічний процес $E_3 = 42,43$ МДж/га. Збирання врожаю буде забезпеченні в стислі агротехнічні терміни комбайнами Case IH 9420 + MacDon FD75, які мають найбільшу сукупну загальну енергоємність – $E_3 = 1470$ МДж/га; але найменшу долю енергії ущільнення ґрунту $E_{\text{уш}} = 12,45$ МДж/га, що є кращим екологічним показником.

3. Встановлено, що сумарна енергоємність інтенсивної технології становить 9455769 МДж, тоді як для нульової технології — 4873742 МДж. Таким чином, перехід до нульової технології забезпечує зменшення загальних енерговитрат на 3 450 072 МДж, або приблизно на 49 %.

Основною причиною такої різниці є структура технологічних операцій. В інтенсивній технології домінуючу частку енерговитрат формує механічний обробіток ґрунту (дискування, оранка, боронування) – 2 625 580 МДж. Лише операція оранки характеризується надзвичайно високою енергоємністю, що істотно збільшує сумарні витрати енергії на гектар.

Найбільший внесок у підвищення енергетичної ефективності забезпечило обґрунтування та використання агрегату прямої сівби (трактор Case IH MX 380 + Horsch Maestro 36,5 SW), який дозволив:

- поєднати кілька технологічних операцій в один прохід;

- скоротити витрати пального;
- зменшити непрямі енерговитрати, пов'язані з ущільненням ґрунту та повторними заїздами техніки.

У результаті переходу від інтенсивної до нульової технології коефіцієнт енергетичної ефективності виробництва підвищується, оскільки на одиницю отриманої продукції припадає значно менша кількість витраченої енергії. Це свідчить про більш раціональне використання енергетичних ресурсів у системі No-till.

4. Розглянуто основні вимоги з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях під час збирання урожаю соняшника із застосуванням сучасних високопродуктивних машин. Дотримання вимог нормативно-правових актів, правильна організація технологічного процесу та своєчасне реагування на надзвичайні ситуації дозволяють мінімізувати виробничі ризики та забезпечити безпечні умови праці. Особливого значення набуває дотримання заходів безпеки в умовах воєнного стану, що є важливим чинником збереження життя працівників і стабільності сільськогосподарського виробництва.

5. Проведені розрахунки свідчать, що обидві технології вирощування соняшника є економічно ефективними. Інтенсивна технологія забезпечує вищу урожайність і, відповідно, більший прибуток з 1 га, проте характеризується вищими виробничими витратами та енергоємністю.

- Нульова технологія дозволяє суттєво зменшити витрати на паливно-мастильні матеріали та механізовані роботи, що є важливим чинником в умовах зростання вартості енергоносіїв. Незважаючи на нижчу урожайність, рівень рентабельності нульової технології залишається високим, що підтверджує доцільність її застосування в умовах сучасного агровиробництва.

- Варто зазначити ще й той факт, що в умовах обмежених людських ресурсів впровадження нульової технології може стати рішенням щодо збереження функціонування підприємства. Хоча така технологія потребує висококваліфікованого персоналу, як вищого, середнього менеджменту, так і виробничого персоналу.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Кобець А. С., Деркач О. Д., Макаренко Д. О. Машиновикористання в рослинництві (енергетичний аналіз): навч. посіб. Дніпро: Пороги, 2025. – 128 с.
2. Mykhailo Marveev. Ukraine's agriculture and farmland market: the impact of war. Режим доступу: [http // Ukraine's agriculture and farmland market: the impact of war](http://Ukraine's%20agriculture%20and%20farmland%20market%3A%20the%20impact%20of%20war).
3. Ukraine increased exports of agricultural products in October, according to the Committee on Agrarian and Land Policy. Офіційний сайт Верховної Ради України.
4. Ukraine exports over 5 million tons of agri-products in March / Режим доступу: [http // Agricultural goods make up 58% of Ukraine's total exports](http://Agricultural%20goods%20make%20up%2058%25%20of%20Ukraine%27s%20total%20exports)
5. Агросектор забезпечив понад половину експорту України у березні: основні твари та партнери. Режим доступу: [http // Агросектор забезпечив понад половину експорту України у березні: основні товари та партнери | УНН](http://Агросектор%20забезпечив%20понад%20половину%20експорту%20України%20у%20березні%3A%20основні%20товари%20та%20партнери%20|%20УНН)
6. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві / В.Ю. Ільченко, А.С. Лімонт та ін.; за ред. В.Ю. Ільченка. – К.: Урожай, 1993. – 288 с.
7. Ільченко В.Ю., Кобець А.С., Мельник В.П., Карасьов П.І., Кухаренко П.М., Ільченко А.В. Практикум з використання машин у рослинництві / Дніпропетровський держагроуніверситет. – Дніпропетровськ, 2002. – 212с.
8. Охорона праці в агропромисловому комплексі : підручник / [А. С. Беліков, К. М. Сухий, А. С. Кобець та ін.] ; під заг. ред. засл. діяча науки і техніки України, д.т.н., проф. А. С. Белікова. – Дніпро : Журфонд, 2025. – 644 с.
9. Закон України про охорону праці. (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1992, № 49, ст.668). Режим доступу: [http // Про охорону праці | від 14.10.1992 № 2694-XII](http://Про%20охорону%20праці%20|%20від%2014.10.1992%20№%202694-XII):
10. Кодекс цивільного захисту України. Відомості Верховної Ради (ВВР), 2013, № 34-35, ст.458. Режим доступу: [https://www.Кодекс цивільного захисту Ук...](https://www.Кодекс%20цивільного%20захисту%20Ук...) | від 02.10.2012 № 5403-VI

11. Комбайн зернозбиральний Case IH Axial-Flow 9240 / Режим доступу: <https://www.bing.com/videos/riverview/relatedvideo>.
12. Про затвердження Правил охорони праці у сільськогосподарському виробництві / Режим доступу: <https://www.Про затвердження Правил охорони...> | від 29.08.2018 № 1240

Додатки

Міністерство освіти і науки України
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Інженерно-технологічний факультет



ІНЖИНІРИНГ ТЕХНОЛОГІЙ І ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

ЗБІРНИК ТЕЗ

**IV Всеукраїнської науково-практичної конференції
молодих вчених**

**Частина 3. Інтенсифікація сільськогосподарського і харчового
виробництва**

21 листопада 2025 р.

Дніпро • 2025

УДК 63

*Рекомендовано до друку вченою радою
Інженерно-технологічного факультету
Дніпровського державного аграрно-економічного університету
(протокол № 3 від 25 листопада 2025 р.)*

*Захід внесено в реєстр УкрІНТЕІ
(посвідчення № 729 від 20 жовтня 2025 р.)*

Інжиніринг технологій і технічних систем агропромислового комплексу. Збірник тез IV Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених (21 листопада 2025 р.). Частина 3. Інтенсифікація сільськогосподарського і харчового виробництва. Дніпро. ДДАЕУ, 2025. – 86 с.

Викладено матеріали наукових досліджень, виконаних вченими науково-дослідних установ та закладів вищої освіти з питань впровадження сучасного інжинірингу технологій і технічних систем агропромислового комплексу України. Видання представляє інтерес для науковців, викладачів, аспірантів, студентів аграрних і біологічних вузів та сільгоспвиробників.

Автори опублікованих тез доповідей відповідальні за патентну чистоту і точність наведених фактів, цитат, власних імен, географічних назв, а також за розголошення даних, які не підлягають публікації у відкритих засобах масової інформації.

<i>Теслюк Г.В., Бойко В.Б., Клименко О.В.</i> УДОСКОНАЛЕННЯ ГІДРАВЛІЧНОЇ СИСТЕМИ ТРАКТОРА ХТЗ-17221 ТА ПОКРАЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ	66
<i>Агапов Ю.О., Череп А.О.</i> ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНІКИ ПРИ ВИРОЩУВАННІ РІПАКУ	70
<i>Кахічко В.Є., Сінішин С.М.</i> ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНІКИ ПРИ ВИРОЩУВАННІ СОЇ	72
<i>Кривьонішев О.О., Коробка В.В.</i> ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЗД ДРУКУ В КОНСТРУКЦІЯХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ	74
<i>Давидов О.В., Беліков М.Ю.</i> ПРИНЦИПИ ТА СПОСОБИ ҐРУНТОВОГО ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ	76
<i>Іваніченко Т.П., Деркач О.Д.</i> ДО ПИТАННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКА ЗА КРИТЕРІЄМ ЕНЕРГОЄМНОСТІ	79

УДК 631.1: 631.4

Іваніченко Т.П., здобувач вищої освіти СВО Магістр, ОПП «Агроінженерія»

Деркач О.Д., к.т.н., доцент

addsau@gmail.com

Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна.

ДО ПИТАННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКА ЗА КРИТЕРІЄМ ЕНЕРГОЄМНОСТІ

В умовах зростаючих цін на енергоносії, необхідності зменшення викидів CO₂ та обмеженого доступу до ресурсів, критерієм оптимальності технологічних рішень у рослинництві має стати енергоємність — показник сумарної енергії, яка витрачається на одиницю площі або на одиницю продукції. Для соняшника, як однієї з ключових експортних культур України, енергоефективність напряму впливає на конкурентоспроможність продукції та стійкість господарства в умовах ресурсних шоків. Систематизувати критерії вибору техніки під технології вирощування соняшника з погляду мінімізації сумарної енергії на гектар при збереженні або підвищенні врожайності; визначити перелік рекомендованих агрегатів для сівби, догляду і збирання, а також для традиційного основного обробітку ґрунту.

Мета роботи: а визначити перелік рекомендованих агрегатів для сівби, догляду і збирання, а також для традиційного основного обробітку ґрунту за критерієм енергоємності технології.

Для досягнення мети використали такі методологічні підходи: енергетичний баланс (вхід: паливо, вбудована енергія добрив, енергія насіння; вихід: енергія врожаю в MJ/га); порівняльний аналіз сценаріїв: традиційна (плуг + сівалка), mini-till, no-till.

На основі методики [1] проведено енергетичний аналіз технологій вирощування соняшника (рис.1) і на основі результатів аналізу, обґрунтовані основні технічні засоби.

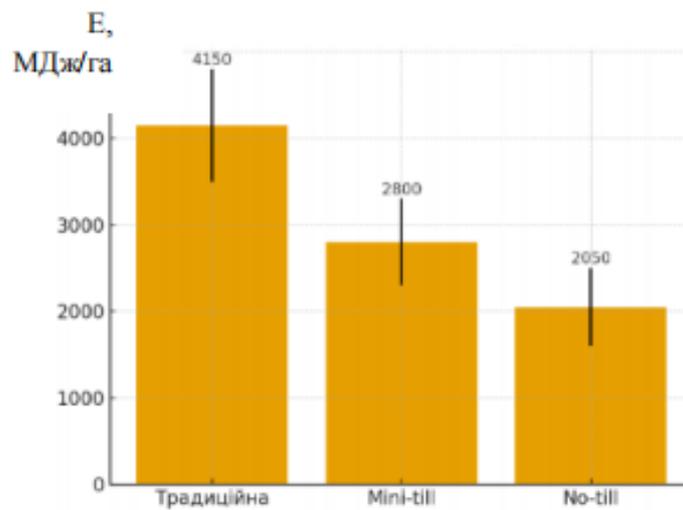


Рисунок 1 – Ориєнтовна енергетична ціна технологій вирощування соняшнику у розрахунку на 1 га.

Рекомендовані такі технічні засоби в технології No-till. Для сівби:

- сівалка Turbosem II 19-60, яка має такі переваги: ширина захвату (11.34 м), можливість одночасного внесення добрив; до недоліків слід віднести необхідність потужного трактора ($\approx 310-330$ к.с.), що спричинить надмірне ущільнення ґрунту;

- сівалка HORSCH Maestro / Pronto AS — пневматичні/дискові сівалки; переваги: висока продуктивність; недоліки – неефективна на площах до 200 га;

Рекомендовані технічні засоби для догляду :

- самохідні обприскувачі: Hagie STS 12, John Deere R-серія (R4045), Hardi, які забезпечують точне внесення, мають достатню ширину захвату для роботи на полях з різним рельєфом, раціональне використання засобів захисту рослин завдяки точному та диференційованому внесенню препаратів.

Для збирання врожаю рекомендовані такі технічні засоби:

- Комбайни з жатками для соняшника: Case IH 9240 + жатки MacDon FD 70/75; John Deere S-серія + жатки Geringhoff/Capello, Claas Lexion + Capello — переваги: адаптація під соняшник, низькі втрати, висока продуктивність;

Враховуючи, що в сучасному землеробстві вагоме місце займає і традиційна технологія вирощування соняшника, також рекомендуємо

Для основного обробітку ґрунту (традиційна технологія) рекомендуємо такі технічні засоби:

- плуг ПЛН-5-35 / Kverneland / Kuhn Vari-master / Lemken або аналог — типова модель для глибокої оранки (27–30 см) у господарствах України; перевага: якісне перевертання пласта, загортання решток; недолік: висока енергоємність. Використання тільки з передплужниками.

- альтернатива до орних агрегатів є застосування агрегату типу ХТЗ-181 + АГН-4,2 — для поверхневого розпушування та економії палива.

Таким чином, проведений аналіз показує, що технічне забезпечення технології вирощування соняшника має визначальний вплив на енергоємність виробничого процесу, рівень витрат та загальну ефективність агротехнології. Сучасні тенденції розвитку машинно-тракторного парку орієнтуються на зменшення кількості проходів техніки, оптимізацію споживання пального та точність виконання технологічних операцій. Саме тому системи mini-till та особливо no-till демонструють суттєву перевагу над традиційною оранкою, забезпечуючи зниження сумарних енерговитрат у межах 25–35 % та одночасне збереження або підвищення врожайності.

Використання високопродуктивних сівалок сучасного покоління, таких як Turbosem II чи HORSCH Maestro, забезпечує кращу енерговіддачу завдяки точному висіву, стабільній глибині закладання насіння та оптимальному формуванню рослинного стану.

Однак ефективність енергозберігаючих технологій значною мірою залежить від правильного підбору техніки, умов ґрунту, попередника, схилів та стану поля. У випадках значної нерівномірності поверхні або надмірної кількості пожнивних решток можуть знадобитися додаткові операції поверхневого

обробітку, що частково нівелює потенційний енергетичний ефект. Тому впровадження нових технологій повинно ґрунтуватися на комплексній оцінці енергетичного балансу, включно з витратами на обприскування, догляд та збирання культури.

У цілому, перехід до більш прогресивних систем вирощування соняшника — mini-till або no-till — за умови використання сучасних сівалок і раціонального поєднання технічних засобів забезпечує найбільш оптимальне співвідношення між енерговитратами та продуктивністю. Це робить такі технологічні рішення особливо актуальними для господарств, що прагнуть підвищити енергоефективність виробництва, зменшити собівартість продукції та забезпечити довгострокову стійкість агросистеми в умовах ресурсних обмежень.

Список літератури

1. Кобець А. С., Деркач О. Д., Макаренко Д. О. Машиновикористання в рослинництві (енергетичний аналіз): навч. посіб. Дніпро: Пороги, 2025. – 128 с.

ДНПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет
Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНІКИ ПРИ ВИРОЩУВАННІ СОНЯШНИКА З ЕНЕРГЕТИЧНОЮ ОЦІНКОЮ ТЕХНОЛОГІЙ

Виконав: студент 2 курсу, МГAI-24
ІВАНІЧЕНКО Тарас Петрович

Керівник: к.т.н., PhD, доцент
Деркач Олексій Дмитрович

Дніпро - 2025

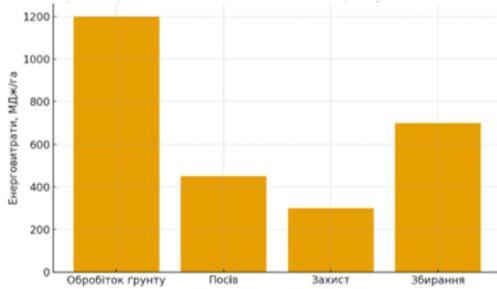
1

Мета: підвищення ефективності технологій вирощування соняшника шляхом аналізу та порівняння традиційних і ресурсозберігаючих способів обробітку ґрунту, оцінки роботи машинно-тракторних агрегатів та визначення їх енергетичної ефективності на основі розрахунку енергетичного балансу технології.

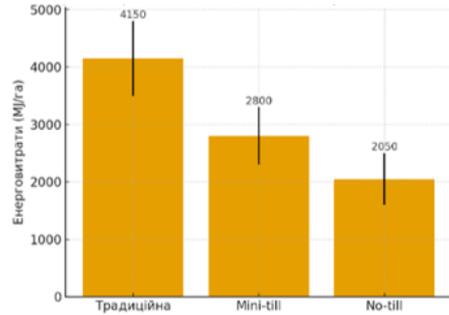
ЗАВДАННЯ:

1. Проаналізувати сучасні технології вирощування соняшника та їх енергетичну структуру.
2. Провести енергетичний аналіз традиційної технології обробітку ґрунту (оранка) та нульового:
3. Виконати розрахунок енергетичних витрат у технологічних картах для технологій.
4. Розрахувати енергетичний коефіцієнт ефективності (K_{ee}) для кожного сценарію.
5. Визначити економічний ефект від оптимізації використання техніки.

АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ



Узагальнений вигляд енерговитрат за етапами вирощування соняшника



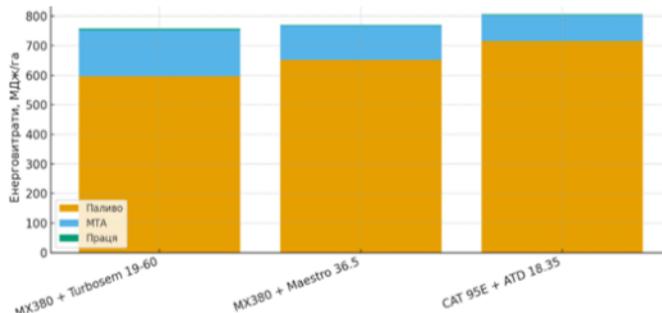
Орієнтовні енергетичні витрати за технологіями

Переваги інтенсивної технології: створення максимально сприятливих умов розвитку рослин шляхом інтенсивного розпушення ґрунту, загорання поживних решток, зниження засміченості та створення сприятливого посівного ложа

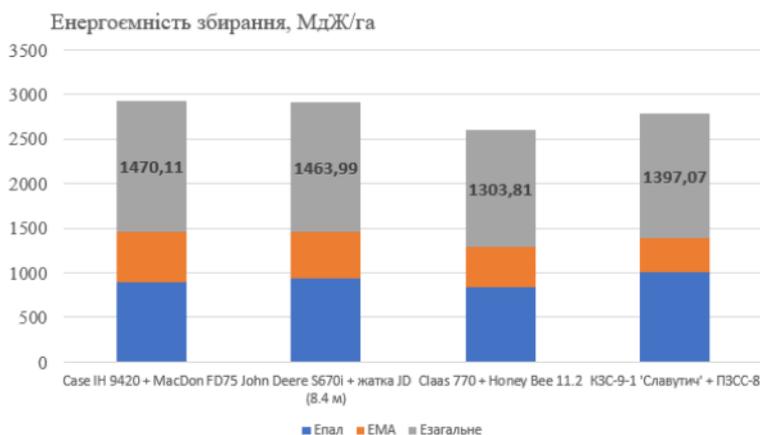
Переваги No-till – максимальна економія пального (до 60–70% порівняно з традиційною технологією), стабільне збереження ґрунтової вологи, поліпшення структури ґрунту та активізація біологічної активності. Система добре працює в умовах Степу та Півдня України, де водний дефіцит є ключовим фактором зниження врожайності

3

ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ПРОЦЕСІВ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКА



Енергетичні витрати посівних агрегатів



Загальний вигляд балансу енерговитрат збирання соняшника

4

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКА З УРАХУВАННЯМ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ОЦІНКИ

Технологічна карта вирощування соняшника за інтенсивною технологією на площі 900 га

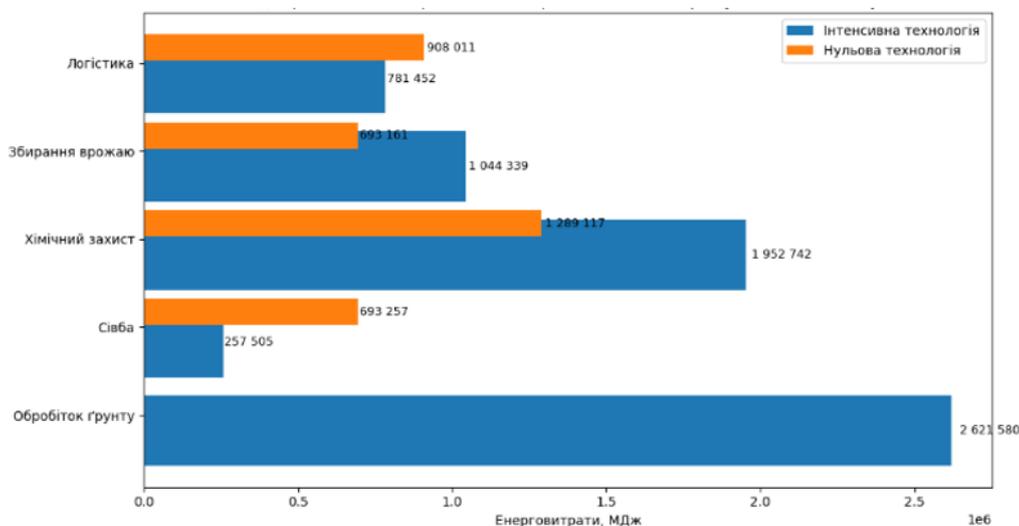
Технологічні операції	Об'єкт	Обсяг роботи	Склад агрегату				Година продуктивності	Потрібно для викон. робіт		Норма витрати			Енергоємність, МДж					
			трактор	візля	с.ч.м.	к-сть с.ч.м.		трактор	доп.прац.	Пальн. оо. к/га ; к/т	Праці люд., год.-год.-га	маш. агрег.	пальне	Праця людини	Добрива	Насіння, пестициди	Разом	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	16	17	19	20	21	22
1	Дискування стери попередника перше	га	900	John Deere 6125M	Ducat-5		1	7,5	1		6,7	0,133	58080,0	479385,0	5208,0			542673,0
2	Дискування стери попередника друге	га	900	John Deere 6125M	Ducat-5		1	8	1		7,5	0,125	53898,8	536625,0	4882,5			585406,3
3	Оранка	га	900	John Deere 8335R	Ланс		1	1,94	1		16,5	0,51	98981,5	1180575,0	20092,6			1299649,1
4	Ранньосівне борошування	га	900	ХТЗ-181 BEDNAR ATLAS AE_PROFI			1	12	1		2,2	0,08	18382,5	157410,0	3255,0			179047,5
5	Передпосівна культивування	га	900	John Deere 6175M	JD 2210		1	8,925	1		5,5	0,11	35243,7	393525,0	4376,5			433145,2
6	Навантаження насіння	кг	430	JSB 540-170			1	20	1		0,2	0,1	4121,6	6837,0	933,1			11891,7
7	Навантаження мінеральних добрив	т	90	JSB 540-170			1	20	1		0,67	0,33	1820,3	4793,9	195,3			6809,4
8	Транспортування насіння та завантаження	т	94	Case MX310	Kinze-1500		1	6,14	1		0,67	0,33	6192,7	5006,9	664,4			11864,0
9	Сієба	га	900	Case STX 500	John Deere 1890		1	6	1		5,5	0,17	22035,0	393525,0	6510,0	1828224,0		2250294,0
10	Підвезення води	т	45	Volvo FM 440	Цистерна		1	50	1		1,4	0,02	155,2	5008,5	39,1		732360,0	737562,7
11	Підвезення гербициду	т	45	Volvo FM 440	Цистерна		1	8,43	1		4,4	0,12	2274,0	15741,0	231,7			18246,7
12	Внесення гербициду на поверхню поля (грунтової)	га	900	John Deere 4030			1	75	1		1,5	0,01	1713,6	107325,0	520,8			109559,4
13	Підвезення води	т	45	Volvo FM 440	Цистерна		1	50	1		1,1	0,02	113,3	3935,3	39,1			4087,6
14	Підвезення гербициду	т	45	Volvo FM 440	Цистерна		1	8,43	1	6	6,2	0,24	1318,0	22180,5	463,3		962800,0	966761,8
15	Внесення контактної гербициду	га	900	John Deere 4030			1	75	1		1,5	0,01	7660,8	107325,0	520,8			115506,6
16	Підвезення води	т	45	Volvo FM 440	Цистерна		1	50	1		1,1	0,02	135,0	3935,3	39,1			4109,3
17	Підвезення гербициду	т	45	Volvo FM 440	Цистерна		1	2,9	1		16,3	1,38	29281,0	58313,3	673,4		350266,0	438533,7
18	Внесення контактної гербициду	га	900	John Deere 4030			1	1,96	1		4,5	0,51	65571,4	321975,0	19926,6			407475,0
19	Збирання врожаю	га	1200	Lexion770			1	6	1	4	10,458	0,33	283050,0	748269,9	13020,0			1044339,9
20	Робота бункера-перевантажувача	т	3150	Case MX310	Kinze-1500		1	17,82	1		0,29	0,88	71502,5	72623,3	7671,7			151797,5
21	Транспортування врожаю на склад	т	3150	Volvo FH 13			1	17,82	1		0,29	0,88	26691,9	72623,3	7671,7			106986,9
Кое = 6,53											761531	4624315	89265	1828224	2045426	9455747		

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКА З УРАХУВАННЯМ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ОЦІНКИ

Технологічна карта вирощування соняшника за нульовою технологією на площі 900 га

Технологічні операції	Об'єкт	Обсяг роботи	Склад агрегату				Година продуктивності	Потрібно для викон. робіт		Норма витрати			Енергоємність, МДж					
			трактор	візля	с.ч.м.	к-сть с.ч.м.		трактор	доп.прац.	Пальн. оо. к/га ; к/т	Праці люд., год.-год.-га	маш. агрег.	пальне	Праця людини	Добрива	Насіння, пестициди	Разом	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	16	17	19	20	21	22
1	Протрушування насіння	кг	430	CT2-10 Petkus	Іел.де		1	3,67	1		0,25	0,54	15231,6	1343,8	5085,0			21660,4
2	Навантаження насіння	кг	430	JSB 540-170			1	13,3	1		0,25	0,15	7591,3	8546,3	1403,2			17540,7
3	Навантаження мінеральних добрив	т	90	JSB 540-170			1	20	1		0,2	0,1	862,650	1431,0	195,3			2489,0
4	Транспортування насіння та завантаження	т	94	Case MX310	Kinze-1500		1	6,14	1		0,67	0,33	6192,671	5006,9	664,4			11864,0
5	Пряма сієба	га	900	Case MX 380	Норч. Maestro 36,5 SV		1	12,82	1	1	8,2	0,08	103500,0	586710,0	3046,8	1289196,0		1982452,8
6	Підвезення води	т	22,5	Volvo FM 440	Цистерна		1	50	1		0,67	0,02	67,500	1198,5	19,5			1285,5
7	Підвезення гербициду	т	22,5	Volvo FM 440	Цистерна		1	8,43	1		0,67	0,24	1629,448	1198,5	115,8		612965,5	615909,2
8	Внесення стартового гербициду	га	900	John Deere 4030			1	87	1		0,18	0,011	1191,724	12879,0	449,0			14519,7
9	Підвезення води	т	22,5	Volvo FM 440	Цистерна		1	3,8	1		0,68	0,53	119,600	1216,4	257,0			1592,9
10	Підвезення фунгіцида	т	22,5	Volvo FM 440	Цистерна		1	3,1	1		6,6	2,55	743,175	11805,8	315,0		842450,0	855313,9
11	Хімічний обробток	га	900	John Deere 4030			1	84	1		0,5	0,011	1234,286	35775,0	465,0			37474,3
12	Підвезення води	т	22,5	Volvo FM 440	Цистерна		1	50	1		1,1	0,02	67,500	1967,6	19,5			2054,7
13	Підвезення десиканту (реоло)	т	22,5	Volvo FM 440	Цистерна		1	2,9	1		16,3	1,38	14640,517	29156,6	336,7		350266,0	394399,9
14	Десикація	га	900	John Deere 4030			1	87	1		0,29	0,011	1191,724	20749,5	449,0			22390,2
15	Збирання врожаю	га	900	Case IH 9240	MacDon FD 75		1	6,6	1		9,41	0,15	13800,000	673442,9	5918,2			693161,1
16	Робота бункера-перевантажувача	т	2430	Case MX310	Kinze-1500		1	17,82	1		0,29	0,88	55159,091	56023,7	5918,2			117100,9
17	Транспортування врожаю на склад	т	2430	Volvo FH 13			1	17,82	1		0,29	0,88	20590,909	56023,7	5918,2			82532,7
Кое = 8,87											154264	718985	12821	1289196	1805682	4873742		

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКА З УРАХУВАННЯМ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ОЦІНКИ



Діаграма Ганта енергетичних витрат технологій вирощування соняшника на площі 900 га.

ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Показник	Інтенсивна техно- логія	Нульова техно- логія	Відхилення No-till/Intensive
Урожайність, т/га	3,5	2,7	- 22,9
Виробничі витрати всього, грн	16 500 000	12 520 000	- 24,1
Насіння, грн	4 320 000	4 320 000	0
Мінеральні добрива, грн	2 880 000	2 200 000	- 23,6
ПММ, грн	6 100 000	3 400 000	- 44,3
ЗЗР, грн	3 200 000	2 600 000	- 18,8
Виручка, грн/га	77 000	59 400	- 22,9
Загальні витрати, грн/га	29 000	23 000	- 20,7
Собівартість, грн/т	8 286	8 519	+1,02
Прибуток, грн/га	48 000	36 400	- 24,2
Рентабельність, %	165,5	158,3	- 4,35
Енергетична ціна 1 т продукції, МДж/т	3001	2005	- 33,2
Енергонасиченість, МДж/га	10506	5415	- 48,5

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Показано, що Перехід до енергоощадних систем обробітку ґрунту (мінімальний, strip-till, no-till) вимагає ґрунтовних розрахунків, адже різні технології мають відмінні показники витрат палива, впливу на ґрунтові властивості, рівнів врожайності та собівартості виробництва. Обґрунтоване вибирання техніки — як нової, так і наявної в господарстві — дозволяє уникнути перевитрат енергоресурсів і знизити загальні витрати на гектар.
2. Обґрунтовано посівний агрегат із такими енергетичними показниками: MX380 + Horsch Maestro 36.5: $E_{\text{уд}} = 23,026$ МДж/га; сукупні затрати енергії на технологічний процес сівби $E_2 = 769,44$ МДж/га. Для догляду за рослинами оптимальним варіантом є самохідний обприскувач John Deere 4030 – сукупні затрати енергії на технологічний процес $E_3 = 42,43$ МДж/га. Збирання врожаю буде забезпечені в стилі агротехнічні термини комбайнами Case IH 9420 + MacDon FD75, які мають найбільшу сукупну загальну енергоємність – $E_4 = 1470$ МДж/га; але найменшу долю енергії ущільнення ґрунту $E_{\text{щ}} = 12,45$ МДж/га, що є кращим екологічним показником.
3. Встановлено, що сумарна енергоємність інтенсивної технології становить 9455769 МДж, тоді як для нульової технології — 4873742 МДж. Таким чином, перехід до нульової технології забезпечує зменшення загальних енерговитрат на 3 450 072 МДж, або приблизно на 49 %.

Основною причиною такої різниці є структура технологічних операцій. В інтенсивній технології домінуючу частку енерговитрат формує механічний обробіток ґрунту (дискування, оранка, боронування) – 2 625 580 МДж. Лише операція оранки характеризується надзвичайно високою енергоємністю, що істотно збільшує сумарні витрати енергії на гектар.

Найбільший внесок у підвищення енергетичної ефективності забезпечило обґрунтування та використання агрегату прямої сівби (трактор Case IH MX 380 + Horsch Maestro 36,5 SW), який дозволив:

- поєднати кілька технологічних операцій в один прохід;
 - скоротити витрати пального;
 - зменшити непрямі енерговитрати, пов'язані з ущільненням ґрунту та повторними заїздами техніки.
- У результаті переходу від інтенсивної до нульової технології коефіцієнт енергетичної ефективності виробництва підвищується, оскільки на одиницю отриманої продукції припадає значно менша кількість витраченої енергії. Це свідчить про більш раціональне використання енергетичних ресурсів у системі No-till.
4. Розглянуто основні вимоги з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях під час збирання врожаю соняшника із застосуванням сучасних високопродуктивних машин. Дотримання вимог нормативно-правових актів, правильна організація технологічного процесу та своєчасне реагування на надзвичайні ситуації дозволяють мінімізувати виробничі ризики та забезпечити безпечні умови праці. Особливого значення набуває дотримання заходів безпеки в умовах воєнного стану, що є важливим чинником збереження життя працівників і стабільності сільськогосподарського виробництва.
 5. Проведені розрахунки свідчать, що обидві технології вирощування соняшника є економічно ефективними. Інтенсивна технологія забезпечує вищу урожайність і, відповідно, більший прибуток з 1 га, проте характеризується вищими виробничими витратами та енергоємністю.
 - Нульова технологія дозволяє суттєво зменшити витрати на паливно-мастильні матеріали та механізовані роботи, що є важливим чинником в умовах зростання вартості енергоносіїв. Незважаючи на нижчу урожайність, рівень рентабельності нульової технології залишається високим, що підтверджує доцільність її застосування в умовах сучасного агровиробництва.
 - Варто зазначити ще й той факт, що в умовах обмежених людських ресурсів впровадження нульової технології може стати рішенням щодо збереження функціонування підприємства. Хоча така технологія потребує висококваліфікованого персоналу, як вищого, середнього менеджменту, так і виробничого персоналу.