

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 СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

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

_____ Олексій ГРИЦЕНКО

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**

Гриценка Олексія Юрійовича
(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи: «Ефективність використання сільськогосподарської техніки при
впровадженні регенеративного землеробства»

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 рос-
линництві (енергетичний аналіз)» (2025 р.), навчальний посібник «Експлуатація
машинно-тракторного парку в аграрному виробництві» (1993 р.), офіційні сайти
Міністерств, міжнародних організацій (Фонд Говарда Г. Баффета, ФАО ООН),
періодика з технологій регенеративного землеробства

4. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
розробити)** 1. Аналіз стану питання. 2. Агротехнічний аналіз техніки для реге-
неративного землеробства. 3. Проєктування технології вирощування соняшника
в системі регенеративного землеробства. 4. Охорона праці та безпека в надзви-
чайних ситуаціях 5. Бізнес-план впровадження регенеративного землеробства.
Загальні висновки. Бібліографічний список.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Титульний лист. 2. Мета, завдання. 3. Аналіз стану питання. 4. агротехнічний аналіз та обґрунтування техніки для регенеративного землеробства. 5. Еспериментальна частина. 6. Оптимальна експлуатація модернізованого агрегату Cultro 12ТС. 7. Проектування технології вирощування соняшника в системі регенеративного землеробства. 8. Дистанційний моніторинг через платформу One Soil. 9 Економічна ефективність. 10. 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: 10.06.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)		
2	Експериментально - розрахунковий		
3	Проектний		
4	Охорона праці		
5	Економічний		
6	Демонстраційна частина		

Студент

(підпис)

Гриценко О.Ю.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Деркач О.Д.

(прізвище та ініціали)

Реферат

Гриценко О.Ю.,. Ефективність використання сільськогосподарської техніки при впровадженні регенеративного землеробства. Дипломна робота. ДДАЕУ, 2025 р. – 66 с.

Дипломна робота присвячена оцінці ефективності техніки при впровадженні проєктів з регенеративного землеробства.

Робота складається з пояснювальної записки формату А 4, виконаної на 66 сторінках, додатків та супроводжувальних презентаційних слайдів, виконаних в програмі Power Point.

Автор роботи має наукову публікацію в Збірнику наукових праць Міжнародної наукової конференції «Проблеми землеробської механіки», 17-18 жовтня 2025 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ.....	8
1.1. Історичні аспекти розвитку технологій землеробства.....	8
1.2. Сучасні проблеми землеробської механіки та передумови до впровадження регенеративного землеробства.....	11
1.3. Обґрунтування теми дипломної роботи.....	20
2. АГРОТЕХНІЧНИЙ АНАЛІЗ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНІКИ ДЛЯ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА	21
2.1. Основні цілі регенеративного землеробства	21
2.2. Технічне забезпечення досягнення цілей регенеративного землеробства...	23
2.3 Обґрунтування техніки для регенеративної системи (практичний підхід)...	26
Висновки по розділу.....	37
3. ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКА В СИСТЕМІ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА	38
3.1. Розробка технологічної карти.....	38
3.2. Розробка технологічної карти для вирощування соняшника в системі регенеративного землеробства.....	42
3.3. Дистанційний контроль за полем в системі регенеративного землеробства..	45
Висновки по розділу.....	49
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	50
4.1. Загальні положення.....	50
4.2. Аналіз можливих шкідливих факторів при експлуатації модернізованого агрегату John Deere 8335R + Horsch Cultro 12TC	51

4.3. Рекомендовані заходи управління ризиками (план дій)	54
--	----

5. БІЗНЕ-ПЛАН ВПРОВАДЖЕННЯ РЕГЕНЕРАТИВНОГО

ЗЕМЛЕРОБСТВА	56
--------------------	----

5.1. Суть економічного ефекту.....	56
------------------------------------	----

5.2. Проектна пропозиція у форматі, придатному для подачі на гранти ЄС / ФАО	56
---	----

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	63
------------------------	----

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	65
-----------------------------	----

Додатки

ВСТУП

Регенеративне землеробство — це підхід до вирощування культур, який не лише забезпечує виробництво їжі, але й відновлює родючість ґрунтів, покращує біорізноманіття та зменшує вплив на клімат. На відміну від традиційного інтенсивного землеробства, воно акцентує на мінімальному втручанні в ґрунт, використанні покривних культур та інтеграції тваринництва. У цьому контексті ефективність сільськогосподарської техніки набуває ключового значення: правильний вибір обладнання дозволяє скоротити витрати на паливо, зменшити ерозію та підвищити врожайність. За даними європейського дослідження, регенеративні ферми демонструють на 32% вищий індекс повної продуктивності (RFP), попри на 2% нижчу врожайність, завдяки меншому використанню синтетичних добрив (на 61%) та пестицидів (на 76%). Регенеративне землеробство базується на принципах нульового або мінімального обробітку ґрунту (no-till), постійному покритті поверхні рослинними рештками та різноманітних сівозмінах. Це дозволяє зберегти структуру ґрунту, стимулювати мікрофлору та зменшити викиди CO₂. Техніка тут не руйнує, а "лікує" ґрунт: замість глибокої оранки використовуються інструменти для поверхневого розпушування, точного посіву та подрібнення покривних культур.

1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ

1.1. Історичні аспекти розвитку технологій землеробства

На межі XIX – XX століть у світовому сільському господарстві відбувся перехід від традиційних ручних та тяглових засобів рушійної сили до механізованих. Поширення отримали парові трактори, а з 1910 – 1930-х років – бензинові (Ford 9N, 2N, 8N, «Універсал» та інші) та дизельні трактори. Механізація дала змогу обробляти великі площі у коротші строки, що лягло в основу нового індустріального землеробства.

У цей період сформувалися такі ключові технологічні прийоми:

- Глибока зяблева оранка – основний спосіб обробітку ґрунту.
- Монокультури – вирощування однойменних культур на великих площах протягом декількох років підряд.
- Широке застосування мінеральних добрив з підвищеними нормами внесення (переважно азотних та фосфорних).

На початку 1940-х та 1950-х років почав формуватися новий вид догляду – хімічний захист рослин. Переважно це було спочатку у США, а вже потім в інших країнах світу.

На той час такі технології (індустріальна, інтенсивна) були виправдані, бо у світі стояло основне завдання – нагодувати людей після трагічних руйнувань спочатку Першої, а згодом і Другої світових воєн.

Разом з тим, індустріалізація технологій вирощування сільськогосподарських культур почала негативно впливати на основне і єдине джерело родючості – ґрунт.

Негативний вплив на ґрунт проявлявся у наступному:

- інтенсивна оранка руйнувала структуру ґрунту та призводила до ущільнення нижчих горизонтів, що сприяло утворенню такого негативного явища, як «плужна підощва»;
- монокультури (кукурудза, пшениця озима, жито та ін.) сприяли виснаженню поживних елементів;

- хімічний тиск погіршував мікробіологічну активність ґрунту: необґрунтоване застосування мінеральних добрив та засобів захисту рослин (ЗЗР) суттєво знизили активність біоти в ґрунтах.

У середині ХХ століття в сільському господарстві розпочалася “зелена революція”, яка базувалася на трьох ключових напрямках:

1. Селекція високоврожайних сортів і гібридів (пшениці, кукурудзи, рису).
2. Інтенсивне використання добрив та ЗЗР.
3. Масова механізація, зокрема поява високопродуктивних тракторів, самохідних комбайнів, обприскувачів.

В цей час з’явилися трактори ДТ-54, Т-74, Т-125, Т-150К, Т-150 та інші; зернозбиральні комбайни: СК-3, СК-4, СК-5 та їх модифікації.

Технології цього періоду стали високоінтенсивними, що спричинило також інтенсивну дію рушіїв енергетичних засобів на ґрунти. Багаторазова механічна дія робочих органів сільськогосподарських машин сприяла поступовому руйнуванню структури ґрунту та вимиванню гумусу.

Класично застосовувалися такі основні операції за інтенсивного землеробства:

- оранка, як щорічний основний обробіток ґрунту;
- лущення та культивування – 2...3 рази за сезон, як поверхневий обробіток ґрунту;
- суцільні внесення добрив у великих дозах – як правило, застосовувалось розкидання мінеральних добрив на поверхню ґрунту в нормах 150...350 кг/га за сезон;

Машинно-тракторні агрегати ставали дедалі потужнішими, поширився енергонасичений обробіток. У 1970 – 1980-х роках формуються великотоварні господарства з максимальною орієнтацією на продуктивність.

Негативний вплив на ґрунт:

- інтенсивний обробіток знищував органічну речовину, сприяючи падінню гумусу;

- важкі трактори спричиняли ущільнення орного шару та плужну підошву;
- масове застосування пестицидів призводило до накопичення залишкових речовин;
- інтенсивні системи зрошення спричиняли засолення та вторинне заболочування ґрунтів.

В останні десятиліття минулого століття землероби почали помічати згубний вплив і техніки, і технологій на найважливіший параметр – родючість. Було відзначено, що навіть чорноземи мінералізувались і не можуть забезпечити урожайність с.-г. культур без внесення великої кількості мінеральних добрив.

Період 1980 – 2000-х років: перехід до мінімального та елементів точного землеробства

У середині кінці 1980-х років у світі почали розуміти, що індустріальна модель землеробства не є довгостроково сталою. У цей період формуються ключові підходи, що стали базою сучасного точного землеробства:

1. Мінімальний (reduced tillage) та нульовий (no-till) обробіток

- відмова від глибокої оранки;
- збереження стерні на поверхні поля;
- зменшення ерозії та втрати вологи.

Це стало відповіддю на деградацію ґрунтів, що набула масштабів глобальної кризи.

2. Цифровізація агросектору

У 1990-х роках з появою GPS, GIS та польових ПК виникла концепція:

- точного землеробства (Precision Agriculture);
- картування врожайності;
- диференційного внесення добрив (VRA);
- навігаційних систем для техніки.

Почали застосовуватися:

- автопілоти, паралельне водіння,
- супутниковий моніторинг,

- комбайни з датчиками врожайності.

3. Нові засоби захисту та удобрення

- мікродобрива, хелати,
- гербіциди з вибірковою дією,
- системні фунгіциди,
- концепція інтегрованої системи захисту (IPM).

Негативні наслідки технологій 1980–2000-х:

- надмірна хімізація продовжувала погіршувати стан біоти;
- збільшення ваги техніки сприяло глибшому ущільненню ґрунту;
- монокультури продовжували виснаження поживних елементів.

Водночас саме цей період заклав фундамент майбутнього переходу до більш сталих моделей землеробства.

1.2. Сучасні проблеми землеробської механіки та передумови до впровадження регенеративного землеробства

Оранка. Передумови, що склалися за традиційного землеробства, сприяли подальшій деградації ґрунтів. Зокрема, щорічна або майже щорічна оранка плугами без передплужників сприяла руйнуванню структури ґрунту, коли порушувалася відносна кількість агрегатів (грудочок) ґрунту. Як відомо, кількість агрегатів розміром 0,25...10 мм має бути не менше 80 %. Тоді ґрунт має максимум водопроникних, вологоутримуючих властивостей, що надзвичайно важливо в останні спекотні роки. Крім того, за умов недостатнього снігового покриву, орна поверхня розмерзається і ґрунт на поверхні гребнів стає пиловидним (рис.1.1). Крім того, пиловидні частинки ґрунту вивітрюються – відбувається вітрова ерозія. Щорічні такі явища активно сприяють деградації ґрунтів та втраті їх родючості. Професор Надикто В.Т. у своїй праці [1] обґрунтував періодичність оранки за параметром – коефіцієнтом структурності ґрунту. У результаті він запропонував формулу (1.1) за якої за коефіцієнтом структурності ґрунту обґрунтовується частота проведення оранки.



Рис.1.1. Деградація ґрунтів взимку після оранки.

Коефіцієнт структурності ґрунту K_c за проф. Надикто В.Т.:

$$K_c = \frac{\sum M_a}{\sum M_o} \quad K_c \geq 0,67 - \text{норма}$$

(1.1)

де M_a – маса ґрунтових частинок діаметром 0,25...10 мм;

M_o – маса частинок, діаметром $\leq 0,25$ мм і > 10 мм.

Відповідно, якщо параметр K_c стане менше 0,67, то доцільно проводити оранку:

$$K_c = \frac{\sum M_a}{\sum M_o} \quad K_c \leq 0,67 - \text{оранка!}$$

(1.2)

Згідно із визначенням, будь яка технологія вирощування сільськогосподарських рослин має підвищувати родючість. Чого не відбулося за інтенсивної технології.

Ще однією проблемою сучасного землеробства в інтенсивних технологіях – неправильне застосування плугів. Дуже часто останні використовуються без передплужників, що призводить до суттєвого погіршення якості обробітку

грунту. Перш за все, наявність передплужника має забезпечити заміну місцями верхнього шару ґрунту із нижніми шарами (рис.1.3).

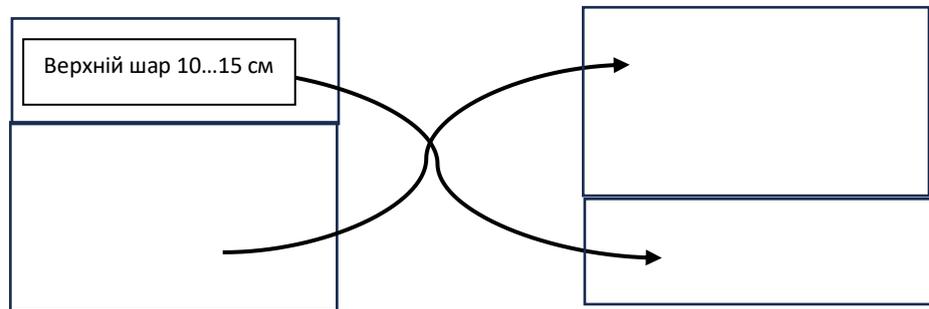


Рис. 1.3. Схема переміщення шарів ґрунту в результаті дії плуга з передплужником.

Відсутність передплужника не забезпечує не тільки повного перевертання та подрібнення верхнього шару, але і не відбувається обмін місцями шарів, як показано на рис. 1.3. Через що рослинні рештки не загортаються рівномірно, а накопичуються у борознах. Це створює умови для утворення нерівностей посівного ложа, погіршує контакт насіння з ґрунтом та призводить до нерівномірності сходів.

Крім того, робота плуга без передплужника сприяє утворенню великих брил (>10...15 см), які погано руйнуються подальшими операціями передпосівної підготовки. Як наслідок, втрачається оптимальний агрегатний склад, зменшується частка агрономічно цінних фракцій 10...0,25 мм, а в полі з'являються зони ущільнення та переущільнення, що погіршують фільтрацію та аерацію. За інтенсивного використання плуга формується також так звана «плужна підшва» - ущільнений горизонт на глибині 25...30 см, який обмежує розвиток кореневої системи, затримує воду над поверхнею та сприяє застою вологи в неглибоких шарах.

Додатковою проблемою є те, що глибока оранка без контролю параметрів тиску та глибини руйнує структуру ґрунту, прискорює мінералізацію гумусу та збільшує ризики водної і вітрової ерозії. У поєднанні з високими швидкостями оранки, недотриманням вологості ґрунту та зносом робочих органів ефект відсутності передплужника стає ще більш критичним. Практика показує, що такі поля

демонструють зниження врожайності на 10...20 %, нерівномірність розвитку рослин і суттєве підвищення витрат на вирівнювання посівного шару.

Отже, неправильне використання плугів, зокрема робота без передплужників, є одним із ключових факторів деградації структури ґрунту. Це підтверджує необхідність переходу до більш делікатних технологій обробітку – таких як StripTill, No-Till, використання системи DeltaForce для уникнення переущільнення та загальне впровадження підходів точного землеробства, які забезпечують збереження структури ґрунту, стабільне накопичення органічної речовини та довготривалу продуктивність агроландшафтів.

Ущільнення ґрунтів. Щоб зменшити деградаційні процеси ґрунту та підвищити родючість фермери почали впроваджувати нові технології: Mini-Till, No-Till, Strip-Till та ін. Всі вони відносяться до ґрунтозахисних.

Впровадження ґрунтозахисних технологій забезпечили зменшення деградації, але не зупинили ці процеси. Більше того, вести технології, наприклад, No-Till, дуже складно. Про що говорить відмова від No-Till таких передових господарств, як ПрАТ «Агро-Союз» (Синельниківський район) та ТОВ «Агро КМР» (Павлоградський район). Розглянемо наукові праці деяких українських науковців, які досліджували вплив техніки, рушіїв, енергетичні показники на стан ґрунтів. Такими дослідженням займалися і займаються вчені В. В. Адамчук, В. Ф. Камінський, В. М. Булгаков, В. Т. Надикто. Проблемам комплектування агрегатів та оцінка їх впливу на ґрунти та енергетичні показники присвячені праці В. М. Кюрчева, М. Я. Ружила, В. Г. Мироненко, В.Ю. Ільченка та інших.

У джерелі [2] обґрунтовано та введено до наукового обігу новий інтегральний показник інтенсивності дії ходових систем машинно-тракторних агрегатів на ґрунтове середовище, який слугує критерієм допустимості їх переміщення по орному полю без спричинення деградаційних змін у структурно-функціональній організації ґрунту. Встановлено, що в межах однієї польової ділянки, за фіксованої ширини захвату машинно-тракторного агрегату, величина зазначеного показника не перевищує гранично допустимого значення ($0,75 \text{ ГДж}\cdot\text{га}^{-1}$) та виявляє мінімальну чутливість до варіацій довжини гону й геометричних параметрів

поля. Це свідчить про його стабільність як критеріального індикатора оцінювання енергетичного навантаження ходових систем на ґрунт [2]. Вчені А.С. Кобець, О.Д. Деркач, Д.О. Макаренко у своїх наукових працях показують зв'язок між площею ущільненого ґрунту, внаслідок руху МТА по полю та енергією, витраченою на ущільнення ґрунту [3, стор. 87]. За наявним графіком (рис.1.2) можна визначити, зернозбиральний комбайн якої марки та моделі чинить мінімальний тиск на ґрунт та запланувати його використання в технологічній карті. Слід пам'ятати, що пріоритетним критерієм вибору будь-якого МТА, комбайна є агротехнічні терміни виконання робіт. Бо, якщо технологічна операція не буде виконана вчасно, будуть більші збитки, ніж від недотримання інших критеріїв.

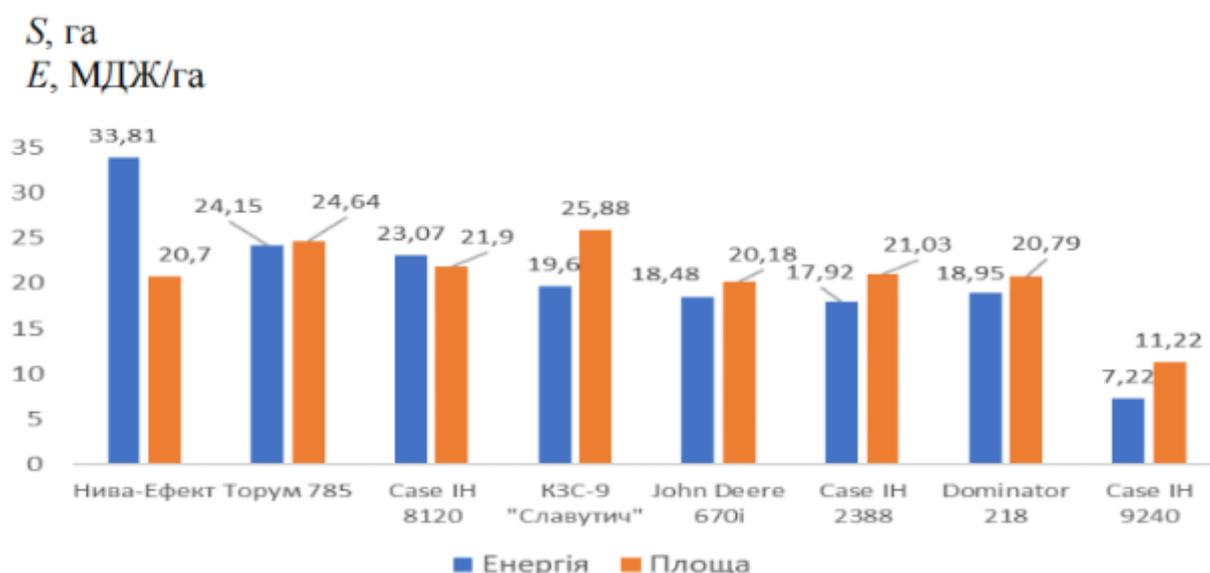


Рис. 1.2. Енергія і площа ущільнення ґрунту рушіями зернозбиральних комбайнів [2, стор. 87].

Ущільнення – одна з вкрай негативних проблем сучасного землеробства, що призводить до зниження родючості ґрунту. Ґрунти, які мають переущільнені зони, втрачають родючість, навіть якщо вони забезпечені поживними речовинами. Сучасні трактори та комбайни мають досить велику масу. Тут має місце симбіоз – чим більша продуктивність агрегату має бути, тим більша має бути і маса та сила зчеплення з ґрунтом. А, отже, тим більше буде витратиться і енергії на ущільнення. Сучасні трактори мають велику масу: JD 8335R – 18000 кг; CASE IH STX 600 Quadtrack – 22 600 кг і т.д. Зернозбиральні комбайни із повним

бункером мають також вражаючі показники маси: Fendt Ideal 9T – 34000 кг; Lexion 770 – 33 000 – 35 000 кг, в залежності від комплектації. Український вчений В.П. Погорілий у своїх дослідженнях показував, що негативна дія ущільнюючої сили від рушія зернозбирального комбайна типу Дон-1500 досягає глибини 80 см (рис. 1.3). А тому, при проектуванні ґрунтозахисних технологій необхідно розраховувати негативну дію від рушіїв на ґрунт.

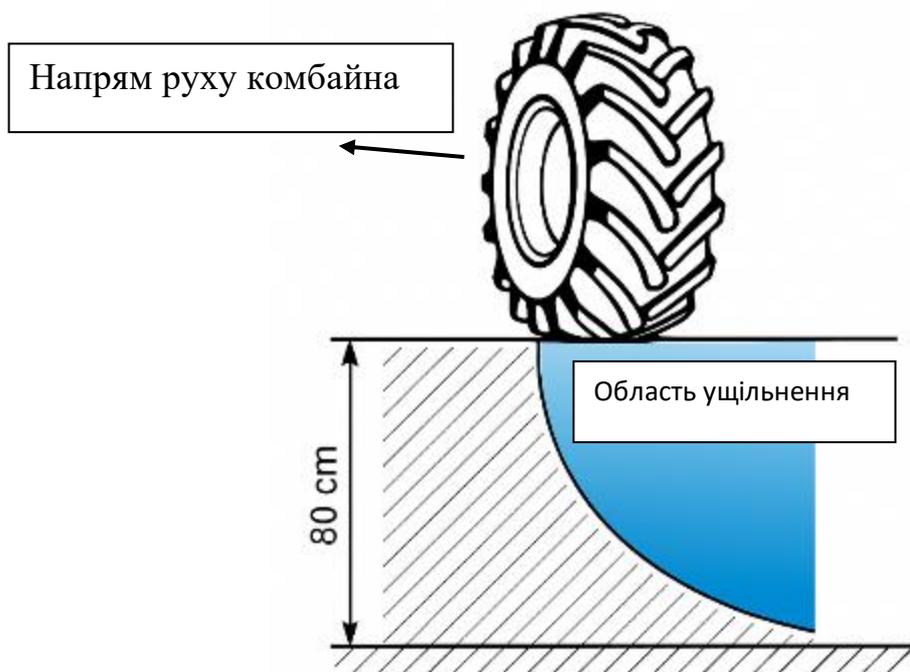


Рис. 1.3. Схема негативної дії ущільнення від рушія зернозбирального комбайна (за В.П. Погорілим).

Відомо, що величина щільності ґрунту може бути розрахована теоретично ще на етапі проектування за формулою [3]:

$$\begin{aligned}
 \Psi_{nz} &= \Psi_{nk} \cdot K_{вщ} + \Psi_0 + \Delta\Psi_z \cdot T_{nz} \times \\
 &\times \left(\frac{S_{щг,1}}{S_{зг,1}} + \frac{S_{щг,2}}{S_{зг,2}} + \dots + \frac{S_{щг,n}}{S_{зг,n}} \right) + \Delta\Psi_k \cdot T_{nk} \times \\
 &\times \left(\frac{S_{щк,1}}{S_{зк,1}} + \frac{S_{щк,2}}{S_{зк,2}} + \dots + \frac{S_{щк,n}}{S_{зк,n}} \right), \quad (1.3)
 \end{aligned}$$

де $\mathit{Ш}_{нк}$ – величина поточного ущільнення ґрунту на фінальній стадії вирощування с.-г. культури, тобто, після технологічної операції «Збирання». К разі відсутності даних цього параметра на момент фіксації, його приймають в не більше як $\mathit{Ш}_{нк} = 1,5 \text{ г/см}^3$;

$K_{вщ}$ – коефіцієнт релаксації щільності ґрунту; $K_{вщ} = 0,05\text{--}0,10$;

$\mathit{Ш}_o$ – оптимальна величина параметра щільності; $\mathit{Ш}_o = 1,08\text{...}1,11 \text{ г/см}^3$;

$\Delta\mathit{Ш}_г$, $\Delta\mathit{Ш}_к$ – темп зростання щільності ґрунту від дії гусеничних рушіїв $0,025 \text{ г/см}^3$, та колісних $0,03 \text{ г/см}^3$ машин відповідно;

$T_{нг}$ – кількість технологічних операцій, що виконуються гусеничною технікою;

$T_{нк}$ – кількість технологічних операцій, що виконуються колісною технікою;

$S_{щг,1}$, $S_{щг,2}$, ..., $S_{щг,n}$ – ширина рушіїв гусеничної техніки, м;

$S_{зг,1}$, $S_{зг,2}$, ..., $S_{зг,n}$ – ширина захвату агрегату, що агрегатується з гусеничним трактором, м;

$S_{щк,1}$, $S_{щк,2}$, ..., $S_{щк,n}$ – ширина ущільнення ґрунту при проході агрегату з колісною машиною, м;

$S_{зк,1}$, $S_{зк,2}$, ..., $S_{зк,n}$ – ширина захвату агрегату, що агрегатується з колісним трактором, м;

Використовуючи наведену формулу отримати вельми наближений результат величини щільності ґрунту після збирання урожаю, але в цілому дає оптимальний орієнтир щодо прийняття рішень по обґрунтуванню МТА. Якщо оптимальна щільність ґрунту складає $1,08\text{...}1,1 \text{ г/см}^3$, а в результаті розрахунків за формулою (1.3) ми отримаємо $1,45\text{...}1,55 \text{ г/см}^2$, то така технологія точно потребуватиме коригування. У цьому перевага даного методу. До недоліків слід віднести невисоку точність.

В якості прикладу, наведемо проведений ще у 2019 році розширений аналіз ґрунту на сусідніх полях, з однаковим типом ґрунту, але де використовувалися різні технології. На рис. 1.4. – результати аналізу ґрунту з поля, де використовувалася технологія ґрунтозахисна технологія No-Till з 2006 року, а на рис. 1.6 – класична технологія із щорічною оранкою.



Рис.1.5. Сівба широкозахватною сівалкою Horsch Maestro SW 36.5 і трактором Case MX 380.

Report Number
F19713-0001
Account Number
00333



3505 Conestoga Dr.
Fort Wayne, IN 46808
260.483.4759
aigreatlakes.com

Soil Test Report						
Reported To	Customer Information		Sample Information			
LLC AGROTEK SOBINOVA 1 DNIPRO, 49083	Name	KATERYNA DZHURKO	Lab Number	99533		
	Farm		Date Received	8/1/2019		
	Field		Date Reported	8/5/2019		
	Sample ID	1-S				
Analysis Results						
Analysis	Result	Soil Test Rating				
		Very Low	Low	Medium	High	Very High
Organic Matter, % (LOI)	1.4	██████████				
pH (1:1)	6.2	██████████				
Buffer pH (Sikora)	7.1	██████████				
Phosphorus, ppm P-M3	43	██████████				
Potassium, ppm K-M3	93	██████████				
Magnesium, ppm Mg-M3	187	██████████				
Calcium, ppm Ca-M3	1157	██████████				
Cation Exchange Capacity, meq/100g	7.6	██████████				
Potassium, % Cation Saturation	3.1	██████████				
Magnesium, % Cation Saturation	20.6	██████████				
Calcium, % Cation Saturation	76.3	██████████				
Hydrogen, % Cation Saturation	0.0	██████████				
Sulfur, ppm S-M3	8	██████████				
Zinc, ppm Zn-M3	2.9	██████████				
Iron, ppm Fe-M3	51	██████████				
Manganese, ppm Mn-M3	122	██████████				
Copper, ppm Cu-M3	1.4	██████████				
Boron, ppm B-M3	0.2	██████████				
Nitrate, ppm NO ₃ -N	3	██████████				

Рис.1.6. Результати розширеного аналізу ґрунту з поля, що перебувало в технології No-till з 2006 року.

Разом з тим, найбільшу різницю у відносній кількості органічної матерії зафіксовано в пробах із ґрунту, який оброблявся за класичною технологією – всього 1,4%. Звичайно, тут важко говорити про вплив тільки технології, бо це

результати аналізу не на одному полі, але і різниця в кількості органіки може свідчити про те, що інтенсивна технологія є однією з причин зниження родючості ґрунту за рахунок двох параметрів: наявності гумусу та щільності.

1.3. Обґрунтування теми дипломної роботи

Таким чином, можна стверджувати, що основними причинами деградації ґрунтів, на які ми можемо звернути увагу і вплинути на них є: надмірне ущільнення ґрунтів та руйнування агрегатного стану ґрунту оранкою плугами без передплужників. Це сприяло стрімкому зменшенню органіки та, як наслідок, родючість ґрунту також зменшувалася.

Тому метою роботи є проєктування і дослідження ефективності техніки в нових сучасних технологіях вирощування с.-г. культур, а саме – застосування елементів регенеративного землеробства.

Для досягнення мети маємо вирішити наступні завдання:

- Проаналізувати існуючий досвід впровадження регенеративного землеробства та дослідити склад техніки;
- Розробити проєкт адаптованої системи регенеративного землеробства для Дніпропетровської області;
- Навести заходи з охорони праці та економічну ефективність розробленої технології;
- Визначити ефективність використання техніки;

2. АГРОТЕХНІЧНИЙ АНАЛІЗ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНІКИ ДЛЯ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

2.1. Основні цілі регенеративного землеробства

Регенеративне землеробство є сучасною агротехнологічною концепцією, спрямованою на відновлення та підвищення природної родючості ґрунтів шляхом оптимізації біологічних, фізичних та хімічних процесів у ґрунтовому середовищі. На відміну від традиційних інтенсивних технологій, які часто базуються на глибокому механічному обробітку та високих дозах мінеральних добрив, регенеративні практики орієнтовані на мінімізацію антропогенного навантаження та підтримання природної структури агроєкосистем. Еволюційно, історію життя регенеративного землеробства можна навести у вигляді блок-схем (рис. 2.1).

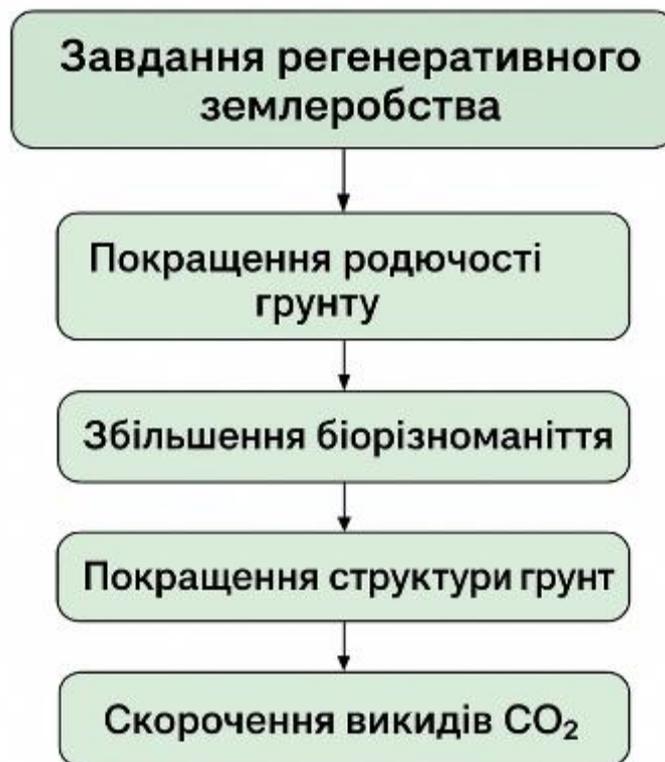


Рис. 2.1. Завдання регенеративного землеробства в історичній парадигмі.

Розкриємо сутність наведених завдань. Покращення родючості ґрунту передбачає не тільки збільшення проценту гумусу, але і зменшення величини та зон ущільнення. Виконання цього завдання забезпечить і водно-повітряний

баланс. Вирішення завдання полягає у використанні техніки із низьким тиском на ґрунт та мінімальним порушенням поверхні ґрунту робочими органами.

Збільшення біорізноманіття. Означає відсутність періоду відкритого ґрунту. Мається на увазі недопущення часу, коли на полі відсутня рослинність. Вирішення завдання полягає через застосування покривних культур.

Покращення структури ґрунту. Доведення структурних агрегатів, розмірами 0,25...10 мм до оптимальних значень. Забезпечується як наслідок виконання перших двох завдань.

Скорочення викидів CO₂. Забезпечується, як наслідок виконання перших трьох завдань за рахунок у тому числі відсутності обертання скиб ґрунту та мінімізації порушення його поверхні робочими органами сільськогосподарських машин.

Основою агротехнічного підходу до регенеративного землеробства є зменшення обробітку ґрунту, застосування покривних культур, розширення сівозмін, повернення органічної речовини та збереження ґрунтового покриву протягом максимально тривалого періоду. Такі заходи сприяють формуванню стійкої грудкуватої структури, покращенню водопроникності, зменшенню ризику ущільнення і водної ерозії, а також стимулюють активність ґрунтових мікроорганізмів, дощових черв'яків та інших представників біоти. Таким чином беремо до уваги, що в сівозміні завжди має бути покривна культура.

Агротехнічний аналіз регенеративних технологій передбачає оцінку ефективності й агрономічної доцільності таких прийомів, як No-Till, Strip-Till, мульчування, біологізація живлення та багаторічні адаптивні сівозміни. Окрім того, важливим компонентом є оцінка впливу технічних засобів – зокрема, систем контролю тиску на сошники, диференційованого висіву, мінімально-деструктивних робочих органів та сучасних колісно-гусеничних ходових систем, які дозволяють мінімізувати ущільнення ґрунтового профілю.

2.2. Технічне забезпечення досягнення цілей регенеративного землеробства

У цьому розділі здійснюється порівняння традиційних та регенеративних агротехнологій, аналізуються їхні переваги, обмеження та вплив на структуру ґрунту, продуктивність культур і стійкість господарської системи в умовах зміни клімату. Особлива увага приділяється ролі технічних засобів і точного землеробства як інтегрованого інструментарію, що підсилює ефективність регенеративних практик та забезпечує стабільність виробництва при знижених енергетичних витратах.

Трактори (ходові частини, потужність, адаптивність)

- John Deere 6R / 7R / 8R / 9R – широкий спектр потужностей (від ~150 до 600+ к.с.), підтримка ISOBUS, JDLink, хороші опції для гусеничної ходової частини (для зниження тиску на ґрунт). Рекомендуються для точних операцій (StripTill + Precision Planting).

- New Holland T7 / T8 — економічні рішення з функціями автоматизації, сумісні з Horsch/Great Plains; гарний вибір для середніх господарств.

- Case IH Magnum / Steiger / Puma – двигуни постійної потужності, достатнє зчеплення із ґрунтом для важких агрегатів; часто використовується з охоплювачами для глибокого розпушування.

- Fendt 700 / 900 — високий рівень автоматизації, точна гідравліка; підходять для мінімізації ущільнення при правильному розподілі маси.

- Valtra N / T / S — надійні трактори з опціями для важких робіт у мінімальних системах обробітку.

- Massey Ferguson 7700 / 8700 — універсальні трактори для різноманітних агрегатів.

- Deutz-Fahr Agrotron — сучасні системи управління, хороші для інтеграції з дронами/сенсорами.

- Kubota M7 / M8 — компактні, ефективні для малих/середніх господарств, дружні до ґрунту.

- Belarus / MTZ (1221, 1523) — бюджетні рішення, часто модифікуються для конкретних завдань і прості в обслуговуванні. Мають недостатню надійність та незадовільний сервіс.

- Challenger / AGCO / Fendt MT (гусеничні моделі) — зниження тиску ґрунту завдяки великій площі контакту гусениць; рекомендовані для важких ґрунтів і мінімізації панцирних явищ.

Трактори самі по собі не дають жодних характеристик, необхідних нам, без агрегування із сільськогосподарськими машинами. Наведемо короткий перелік, переваги та недоліки сівалок, які повинні володіти необхідними характеристиками для впровадження в систему регенеративного землеробства.

Сівалки та висівні комплекси (точність висіву та адаптивність)

- John Deere 1775NT / DB Planter (SeedStar) — заводська інтеграція SeedStar, DeltaForce; ідеальні для точного висіву (особливо кукурудзи). Підтримка VRA та моніторингу singulation.

- Precision Planting (vSet, vDrive, vCollect, SpeedTube) — модулі для підвищення сингуляції, контролю притиску та висіву на високих швидкостях; сумісні з більшістю рам сівалок.

- Kinze 4900 / 3600 — відомі своєю механікою сингуляції та надійністю при висіві кукурудзи.

- Great Plains / Horsch Maestro / Horsch Pronto / Vaderstad Tempo — сівалки різного типу: техніка для високошвидкісного висіву та мінімального втручання робочих органів у ґрунт.

- Amazone AD-P / Cenius / EDX — точні сівалки та розкидачі добрив; добрі рішення для зернових та ріпаку.

- Kverneland/Accord Twin/Optima — сівалки з якісною механікою й управлінням по ISOBUS.

У перехідний період можуть застосовуватись ґрунтообробні агрегати, тому наведемо деякі з них.

Ґрунтообробні агрегати (StripTill, легкий мінімальний обробіток, подрібнення соломи)

- Kuhn Optimer / Lemken Karat / Lemken Kristall — дискові борони та культиватори для мінімального обробітку; добре подрібнюють пожнивні рештки без істотного руйнування структури.
- Horsch Joker / Pronto — дискові агрегати та сівалки, популярні у системах мінімальної обробки.
- Kverneland/Great Plains StripTill – агрегати для смугового обробітку (створення стрічки під посів), сумісні з Precision Planting.
- Orthman 1tRIPr / Sunflower 6330 / Kockerling – активні розпушувачі/strip-till з можливістю створення пухкої смуги та мінімізації загального обробітку площі.
- Väderstad Carrier / TopDown – компактні дискові машини та культиватори для вирівнювання та підготовки ложе.

В регенеративному землеробстві плануємо використовувати захист рослин. Перевагу віддаємо самохідним агрегатам.

Обприскувачі та техніка для внесення рідких добрив

- John Deere 4730 / 4940 / R4045 (самохідні) — інтеграція з Operations Center, точне внесення по карті.
- HAGIE STS 12 / 16 – продуктивні самохідні обприскувачі зі змінним кліренсом та комплектом змінних шин, що забезпечить технологічний прохід між рядками різних культур.

Важливим елементом землеробства є вибір (обґрунтування) марки та моделі зернозбиральних комбайнів. Так як ми вказували у попередньому розділі, як комбайни впливають на ґрунт.

Комбайни та післязбиральні системи

- John Deere S-series (S660, S770, S790) — високопродуктивні комбайни з HarvestSmart/Combine Advisor. Комплектується жатками з шириною захвату 9 ... 11 м.

- Claas Lexion / Tucano – економічні зернозбиральні системи з добрими налаштуваннями для різних культур. Комплектуються широкозахватними жатками типу HoneyBee, шириною захвату 11.2 м.
- Case IH Axial-Flow – варіанти для різних умов збирання. Комбайни на напівгусеничному ході чинять мінімальний тиск на ґрунт та є економічно доцільними – їх експлуатація дешевша за John Deere, Fendt Ideal тощо.

2.3. Обґрунтування техніки для регенеративної системи (практичний підхід)

1. **Пріоритет – зниження питомого тиску на ґрунт.** Згідно з постулатами професора Ільченка В.Ю. природня релаксація ґрунтів після дії на них рушіїв техніки складає від 10 до 20 років. Таким чином, при проектуванні технологічних процесів необхідно обирати техніку з широким профілем коліс або гусеничні трактори. Як рекомендував проф. Ільченко В.Ю. варто використовувати подвійні (спарені) шини, низькопрофільні шини або гусениці на тракторах та с.-г. агрегатах (наприклад, Fendt Track, Challenger, John Deere Tracks). Це критично важливо для зменшення формування плужної підшви та ущільнення під час перехідного періоду. Також при впровадженні регенеративного землеробства впроваджуємо заборону виїзду вантажних автомобілів на поле. Розвороти транспортних засобів здійснюємо на перехрестях.

Візьмемо до уваги дію рушіїв зернозбиральних комбайнів, так як було показано вище, дія їх рушіїв є чи не найбільша на ґрунт.

Для розрахунків візьмемо такі вихідні дані для поля, площею 100 га.

Площа поля $A=100$ га.

Довжина гону $L = 1200$ м.

Ширина поля $B = 833$ м.

Кожен прохід збирального агрегату закриває смугу шириною рівною ширині жатки; кількість проходів $N = W_{\text{field}} / W_{\text{header}}$

Кожен прохід комбайна формує 2 колії (ліва і права гусениці/рухові колеса), кожна довжиною L . Площа ущільнення залежатиме від робочої ширини захвату жатки та ширини рушія. Наведемо ці параметри в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Параметри зернозбиральних комбайнів для розрахунку площі ущільнення на полі

Модель комбайна	Ширина жатки, м	Тип рушія	Ширина рушія, м
Case IH 9240	13,75	Гусениці	1,60
New Holland CR9.90	13,7	Гусениці	1,55
John Deere S790	12,2	Шини	1,05
John Deere X9 1100	15,2	Гусениці	1,70
Claas Lexion 8800	13,8	Гусениці	1,60
Claas Tucano 580	9,1	Шини	0,9
Fendt Ideal 9T	12,2	Гусениці	1,55

Підставивши дані у формули, отримаємо для даних комбайнів такі результати (табл. 2.2).

Таблиця 2.2. Площа ущільнення поля рушіями комбайнів на полі, площею 100 га

Модель	Площа колій (м ²)	Площа (га)
John Deere X9 1100	186 222 м ²	18.62 га
Case IH 9240	232 727 м ²	23.27 га
Claas Lexion 8800	231 304 м ²	23.13 га
New Holland CR9.90	224 052 м ²	22.41 га
Fendt Ideal 9T	254 160 м ²	25.42 га
John Deere S790	287 492 м ²	28.75 га
Claas Tucano 580	439 506 м ²	43.95 га

Однак, сама площа ущільнення ще не дає відповіді, наскільки це сильно спричинить деградацію ґрунтів. Важливим є величина тиску машини на ґрунт. З використанням функції ШІ, сформуємо базу технічних характеристик зернозбиральних комбайнів. Спочатку визначимо конструктивну масу машин, а потім, із зерном. Бо рух по полю відбувається з постійним наповненням бункера.

1. Конструктивні (експлуатаційні) маси зернозбиральних комбайнів:

- Case IH 9240 – 24 500 кг;
- John Deere X9 1100 – 25 900 кг;
- New Holland CR9.90 - 23 500 кг;
- Claas Lexion 8800 - 24 000 кг;
- Fendt Ideal 9T - 24 800 кг;
- John Deere S790 - 21 500 кг;
- Claas Tucano 580 - 15 500 кг.

2. Місткість бункера (орієнтовно, літри) — для кожної моделі:

- Case IH 9240 – 11 000 л;
- JD X9 1100 – 12 500 л;
- NH CR9.90 - 12 000 л;
- Claas Lexion 8800 - 12 500 л;
- Fendt Ideal 9T - 12 000 л;
- JD S790 - 12 300 л;
- Claas Tucano 580 - 7 500 л.

3. Щільність зерна пшениці озимої: $\rho = 750 \text{ кг/м}^3$:

4. Розрахунок площа контакту з ґрунтом (спрощення):

Для комбайнів на напівгусеничному ході вважали, що довжина опорної ділянки (контактна довжина) по кожній гусениці $\approx 3,0$ м (типове значення для великих гусеничних рушіїв). Тоді площа контакту обох гусениць буде дорівнювати двом ширинам гусениці, тобто $S = 2 \times 3.0 = 6 \text{ м}^2$.

Для зернозбиральних із колісною формулою будуть такі значення. Шини (JD S790, Claas Tucano): прийнято контактну довжину сліду близько 1,0 м

Реальні значення контакту залежать від тиску в шинах, конструкції гусениць, завантаження, температури тощо. Проведемо розрахунки із вказаними припущеннями і нехтуванням температури, тиску (беремо рекомендовані значення виробниками).

Питомий тиск знаходимо за формулами:

$$p = \frac{W}{A} \quad (\text{Па}), \quad p_{kPa} = \frac{p}{1000} \quad (2.1)$$

Таким чином, результати інженерних розрахунків наведемо в табл. 2.3.

Модель	Місткість бункера, л	Маса зерна в половині бункера, (кг	Загальна маса комбайна і пів бункера зерна, кг
Case IH 9240	11 000	4 125	28 625
JD X9 1100	12 500	4 687.5	30 587.5
NH CR9.90	12 000	4 500	28 000
Claas Lexion 8800	12 500	4 687.5	28 687.5
Fendt Ideal 9T	12 000	4 500	29 300
JD S790	12 300	4 612.5	26 112.5
Claas Tucano 580	7 500	2 812.5	18 312.5

Підставивши отримані дані у формули (2.1) наведемо на рис.2.2 результати розрахунків. Бачимо, що комбайни на напівгусеничному ході мають більшу масу, але значно менший тиск на ґрунт. Більша маса таких комбайнів пов'язана із більш складною конструкцією ходової системи, трансмісії. Разом з тим, із рис. 2.2 також бачимо, що тиск рушіїв на ґрунт колісних комбайнів зріс у 3...4 рази. Для регенеративного землеробства це є негативним фактором, що може обмежити застосування комбайнів такого типу. Тож у подальшому, при розробці технологічної карти ми будемо рекомендувати комбайни на напівгусеничному ході.



Рис. 2.2. Порівняння маси комбайнів та величини тиску рушіїв на ґрунт.

Також з відкритих джерел наведемо диференціацію значень величини тиску на ґрунт, щоб розуміти діапазон безпечних значень. Для агроінженерів важливо надати діапазонний аналіз інтерпретації тисків.

Низький тиск (20...35 кПа) – сприятливі умови для запобігання глибокому ущільненню (особливо для верхнього орного шару). Як видно із рис. 2.2, в цій категорії знаходяться гусеничні комбайни із широкими гусеницями (X9, Case IH 9240 з широкими гусеницями, Claas Lexion 8800, NH CR9.90).

Високий тиск (> 80...100 кПа) – високий ризик локального ущільнення, формування плужної підшви і погіршення аерації та кореневого простору (типове для важких агрегатів на вузьких шинах). Тут попадають JD S790 та Claas Tucano на стандартних шинах.

На основі наведених вище розрахунків надамо рекомендації щодо вибору комбайнів.

Отже, **рекомендація 1.** Комбайн John Deere X9 1100 має найкращі показники за шуканими критеріями. Має наступні переваги:

- найбільша ширина захвату жатки (до 15,2 м), як наслідок має мінімальну кількість проходів агрегату і мінімальну площу колій.
- розрахований один з найменших низький питомий тиск: 29.4 кПа
- висока продуктивність комбайна зменшуватиме час перебування техніки на полі, а отже менша вірогідність повторних виїздів, наприклад, після опадів, коли ґрунт сприятливий до ущільнення.

Рекомендація №2 надана за критерієм оптимальний баланс ціна/ефективність: зерновий комбайн **New Holland CR9.90**, який забезпечує низький тиск рушіїв на ґрунт (≈ 29.5 кПа), має велику ширину захвату жатки 13.7 м.

Рекомендація №3: комбайн **Case IH 9240** у комплекті з гусеничними рушіями, шириною сліду 1,60 м. В такій комплектації тиск на ґрунт буде знаходитись в межах 29,25 кПа.

Не рекомендовані для регенеративного землеробства моделі комбайнів: John Deere S790 (тиск рушіїв на ґрунт 122 кПа) та Claas Tucano (тиск рушіїв на ґрунт 100 кПа). У системах No-Till / Strip-Till, які є перехідними до регенеративного землеробства, ці моделі утворюють найгірший сценарій для ґрунту.

2. **Вибір сівалки для сівби основних та покривних культур.** Згідно з концепцією регенеративного землеробства поверхня ґрунту має пошкоджуватись мінімально. Тому, задана глибина сівби будь-якої культури має контролюватись і виконуватись посівними агрегатами.

Інтеграція систем контролю притискового зусилля (Delta Force / аналогічні рішення). На сівалках та StripTill-агрегатах потрібно мати авторегулювання зусилля притиску сошника відповідно до твердості ґрунту. Це допомагає уникати занурення агрегату на надмірну глибину в м'яких ділянках та завершує необхідний контакт насіння.

Для сівби основних культур застосуємо сівалку Horsch Maestro SW 36.5 у комплекті із системою Precision Planting. Дана система блокуватиме «провалювання» посівної секції на пухких ділянках поля і забезпечуватиме дотримання глибини на твердих (де відбувається «видавлювання» посівної секції з ґрунту).

Для цього сівалку Horsch Maestro SW 36.5 необхідно доукомплектувати таким додатковим обладнанням:

- сингулятор **vSet** – модуль для забезпечення і контролю високої точності висіву зернового насіння. Контролюється відстань між насінинами;

- електропривід посівної секції **vDrive** — встановлюється на кожен секцію, здійснюється контроль норми висіву та картографування роботи;

- система контролю притискання **DeltaForce** – втоматичний контроль притискного зусилля на кожен секцію (для сталого контакту насіння з ґрунтом).

- монітор для відслідковування сингуляції: **20|20 Monitor (або Precision Planting Monitor)** – також створює карти посіву, з якої можна отримати інформацію щодо розкладки насіння;

- опціональний датчик **SmartFirmer** – датчик фіксації фактичного контакту насіння з ґрунтом (застосовується при сівбі кукурудзи і при калібрування сівалки. Плануємо встановлення цього датчика для калібрування).

- обладнання **ISOBUS-шлюз** – опція, необхідна для сумісності стандартів сівалки Horsch Maestro і Precision Planting.

Схематично сівалка Horsch Maestro SW 36.5 має бути дообладнана вказаними системами (рис. 2.3).

Застосування модернізованої системою Precision Planting сівалки Horsch Maestro SW 36.5 (рис.2.4) дозволить рухатись сошникам на точно визначену глибину посіву з мінімально можливим розкриттям поверхні ґрунту. Нагадаємо, що однією із концепцій регенеративного землеробства є мінімальне пошкодження поверхні ґрунту робочими органами сільськогосподарських машин.

Робоча ширина захвату агрегату Case IH MX380 + Horsch Maestro SW 36.5 – 18 метрів. Ця ширина є кратною із самохідним обприскувачем Hagie STS 12 (36 м), що зменшить, у свою чергу, створення додатковий колій. На даний момент є не повністю вирішеним завдання узгодження ширини захвату жаток зернозбиральних комбайнів, бо у пріоритет у даному випадку поставлено критерій тиску на ґрунт рушіїв комбайнів.

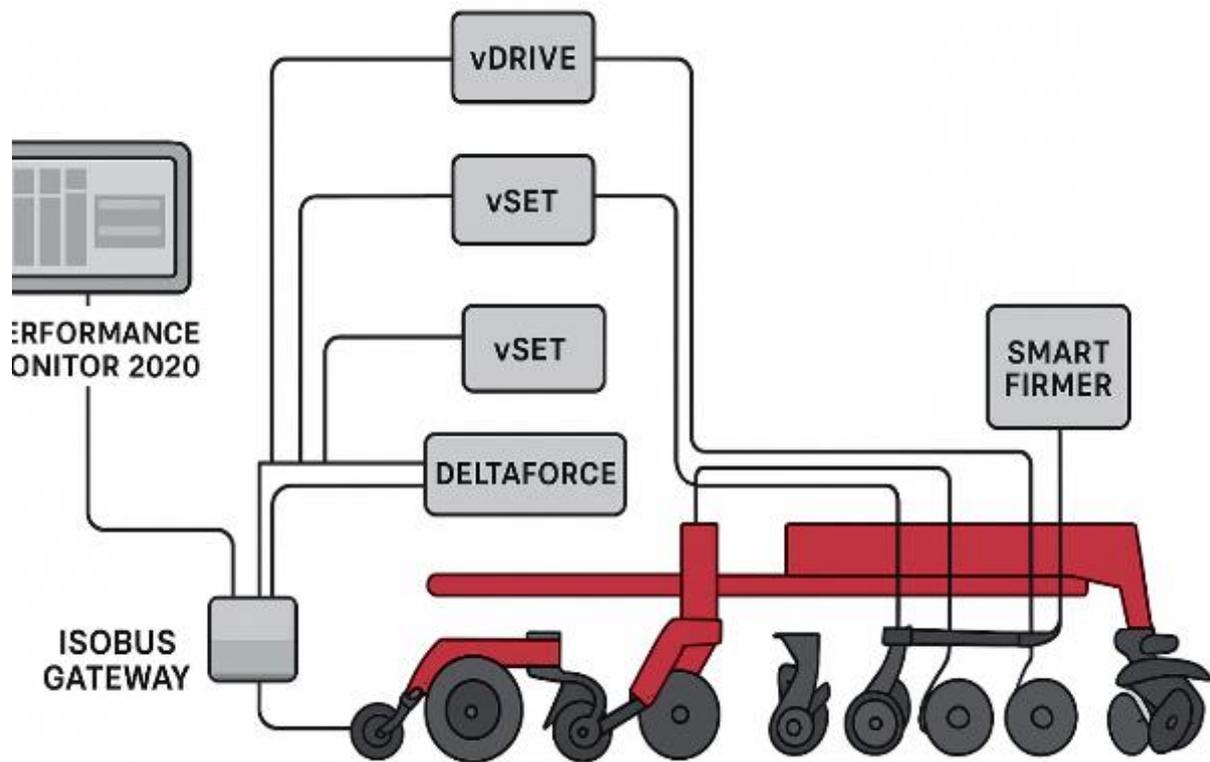


Рис.2.3. Схема включення додаткових опцій Precision Planting в конструкцію сівалки Horsch Maestro (зображена умовно). *Створено ШІ.



Рис. 2.4. Посівний агрегат Case IH MX380 + Horsch Maestro SW 36.5.

3. StripTill та No-Till як пріоритет. Пріоритетним є застосування смугової обробки (агрегати: Orthman, Sunflower, Kverneland StripTill units) або повністю застосування технології No-Till (мінімальний обробіток) із використанням дискових агрегатів як Lemken/Horsch для подрібнення залишків. В нашій роботі як пріоритет ми обираємо технологію No-Till, щоб максимально усунути дію робочих органів на поверхню ґрунту. Так як регенеративне землеробство не передбачає оголеної поверхні поля, після збирання попередника маємо негайно провести посів покривними культурами. Пропонуємо посів покривними культурами (гірчиця, конюшина, фацелія тощо). Для того, щоб виконати одну із концепцій регенеративного землеробства – нешкодження поверхні ґрунту, в даному випадку для сівби покривних культур пропонуємо модернізовану посівну машину на основі ножового котка. В Україні на даний момент є тільки один такий агрегат, розроблений спеціально компанією Horsch для впровадження регенеративного землеробства і він має назву Horsch Cultro 12TC. До серійної конструкції кота додали вентилятор 1 (рис.2.5), бункер для насіння (2) та систему пневмотранспорту насіння до точок вильоту.

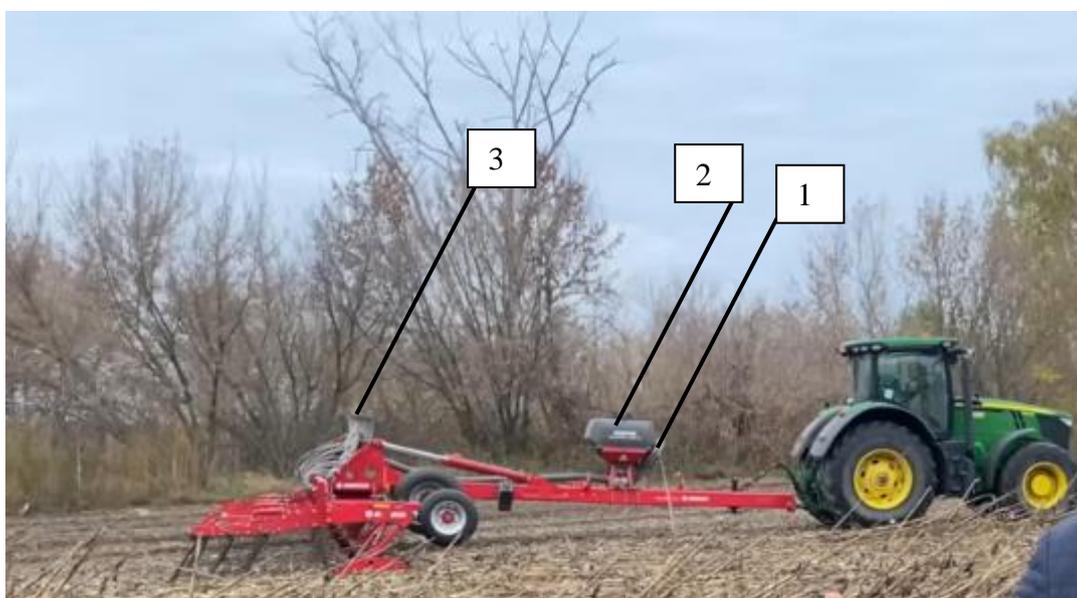


Рис. 2.5. Модернізований коток для посіву покривних культур Horsch Cultro 12TC в агрегаті з трактором John Deere 8335R

В даній машині використаний принцип вільного розкидання насіння спеціальною розкидною системою (рис. 2.6).



Рис. 2.6. Система посіву покривних культур за допомогою розкидачів 1.

В даній системі насіння, яке пневмотранспортом доставляється до місця вильоту, вилітає із сопла, вдаряється об тарілку та відлітає на певну відстань, яка не перевищує відстані між соплами. Потрапляючи на поверхню ґрунту, насіння піддається дії котків-подрібнювачів та додатково «розтягується» по поверхні. Таким чином досягається більш рівномірне розташування насіння, в результаті чого, ми отримуємо рівномірні сходи покривних культур. Завдяки тому, що в даній технології сівби відсутнє укладання насіння в ґрунт (немає сошників), це створює набагато менший опір агрегату. Така технологія сівби дозволяє застосувати більші робочі швидкості.

Розрахуємо експлуатаційну продуктивність модернізованого агрегату за відомою формулою:

$$W_{год} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p = 0,1 \cdot 12 \cdot 22 = 26,4 \text{ га/год},$$

де B_p – робоча ширина захвату, м. В даному випадку робоча ширина захвату буде дорівнювати конструктивній, тобто, 12 м, так як використовується система паралельного водіння;

V_p – робоча швидкість; експериментально встановлено, що робоча швидкість знаходиться в межах 20...25 км/год, приймаємо 22 км/год.

Так як продуктивність МТА залежить від коефіцієнта використання робочого часу τ , наведемо результати залежності W від τ в табл. 2.1.

Табл. 2.1. Залежність продуктивності агрегату W від коефіцієнта використання часу зміни τ

Параметри	
τ	$W, \text{га} / \text{год}$
1	26,4
0,95	25,08
0,9	23,76
0,85	22,44
0,8	21,12
0,75	19,8
0,7	18,48
0,65	17,16
0,6	15,84

Агрегат у складі трактора John Deere 8335 R (рис. 2.7) включимо в технологічну карту, яку спроектуємо в Розділі 3 роботи.



Рис. 2.7. Робота експериментального посівного агрегату покривних культур.

Для зменшення негативної дії рушіїв на ґрунт на тракторі застосовано шини низького тиску Michelin Ultraflex.

Візуальний контроль поверхні поля показав мінімальний вплив робочих органів (котків) на поверхню (рис. 2.8). Агрофон – поле після збирання соняшника.



Рис. 2.8. Поверхня ґрунту після внесення насіння покривних культур

Висновки по розділу.

1. За критерієм мінімального тиску рушіїв на ґрунт обґрунтовано застосування комбайна John Deere X9 1100, який має такі показники:

- найбільша ширина захвату жатки (до 15,2 м), як наслідок має мінімальну кількість проходів агрегату і мінімальну площу колій;

- один з найменших питомих тисків на ґрунт: 29.4 кПа;

- висока продуктивність комбайна зменшуватиме час перебування техніки на полі, а отже менша вірогідність повторних виїздів, наприклад, після опадів, коли ґрунт сприятливий до ущільнення.

2. Запропоновано використання на сівбі агрегату Case IH MX380 + Horsch Maestro SW 36.5.

3. Обґрунтовано на сівбі покривних культур використання агрегату John Deere 8335R + Horsch Cultro 12TC. При цьому трактор обов'язково комплектується шини низького тиску Michelin Ultraflex. Продуктивність агрегату 23...26 га / год.

3. ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКА В СИСТЕМІ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

3.1. Розробка технологічної карти

Розробка технологічної карти на вирощування с.-г. культури є одним із ключових завдань. Так як навіть одна нераціонально спроектована технологічна операція призводить до зростання прямих затрат, та матиме великий негативний вплив на кінцевий результат – кількість та якість урожаю.

Для початку зазначимо перелік операцій за традиційної (інтенсивної) технології вирощування соняшника в Дніпропетровській області (рис. 3.1).

Технологічна карта вирощування соняшнику на										
Плануєма урожайність - 3,0 т/га										
Група господарства - 2										
Попередник: пшениця озима										
№ з/п	Операції	Дозволені види	Од. виміру	Обсяг роботи	Строки виконання		Трив. Роботи за добу	Склад агрегату		
					квітень	травень		трактор	віз	с.-г. м.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Дискування стерні попередника	12-14см	за	100	20-26.07	7	10	Case IH STX 500	Case EcoLo-tiger 73	
2	Навантаження добрив	0,1 т/га	т	11	05-25.09	7	14	Manitou		
3	Транспортування добрив	0,1 т/га	т	11	05-25.09	7	14	MT3-82.1	2ПТС-4	
4	Внесення добрив	0,1 т/га	га	110	05-25.09	7	14	MT3-82.1	МВД-900	
5	Оранка	32 см	за	100	05-25.09	15	14	John Deere 6930D	Kuhn Vary 5	
6	Ранньовесняне бронування	3 см	за	100	31.03-4.04	3	14	John Deere 6930D	ЗБР-24	
7	Культивація сучільна	6-8см	за	100	15-30.04	6	10	ХТ3-17021	БПК-8	
8	Культивація передпосіона	6-8см	за	100	15-30.04	6	10	ХТ3-17021	БПК-8	
9	Навант. мн. добр.	0,16т/га	т	11	15-30.04	6	12	Manitou		
10	Переє мн добр	0,16т/га	т	11	15-30.04	6	12	MT3-82.1	2ПТС-4	
11	Сієба	6-8см	за	100	15-30.04	6	12	John Deere 6930D	John Deere 7200	
12	Транспортування води	0,33 м/га	т	10	01-10.05	5	12	ЮМ3-6	ВР-3М	
13	Внесення гербіцидів	0,33 м/га	т	100	01-10.05	5	12	John Deere 6930D	John Deere 732	
14	Мікряд обробіток 1 з	3-4 см	за	100	20.05-30.05	3	14	MT3-80	КРН-5,6	
15	Мікряд обробіток з пригортанням	5-6 см	за	100	01.06-10.06	3	14	MT3-82.1	КРН-5,6	
16	Транспортування води	0,33 м/га	т	10	01-10.05	5	12	MT3-82.1	ВР-3М	
17	Внесення гербіцидів	0,33 м/га	т	100	01-10.05	5	12	John Deere 6930D	John Deere 732	
18	Мікряд обробіток з пригортанням	5-6см	за	100	01-10.06	3	14	MT3-80	КРН-5,6	
19	Збирання врожаю	2,5 т/га	за	100	10-20.09	8	14	John Deere W 550		
20	Перевезення насіння на тік	бкм	т	300	10-20.09	8	14	Volvo FN 13		

Рис. 3.1. Послідовність технологічних операцій за інтенсивної технології

Всі агротехнічні терміни, характеристики МТА (продуктивність, витрати пального тощо), розраховуємо згідно методики [4, с. 104] та уточнюємо, використовуючи дані сучасних агрегатів [5].

Отже, при проектуванні технологічної карти формуємо послідовність операцій на вирощування соняшника, вписуємо агротехнічні вимоги до операції,

показники якості роботи, одиниці вимірювання конкретного виду робіт, обсяг запланованої роботи та відображаємо це у графах 2, 3, 4, 5, 6. Комплектування МТА здійснюємо на основі існуючого та проєктного парку. Планові норми виробітку та питомі витрати палива встановлюємо на основі даних операційних систем агрегатів або з довідкової літератури і заносимо у відповідні графи: 9, 10, 11, 14.

На основі наведених даних розраховуємо необхідні значення і результати обчислень заносимо у відповідні графи.

Тривалість виконання кожної з операцій обумовлюється агротехнічними термінами. Наприклад, у разі планування операції «Дискування стерні попередника», вона не повинна перевищувати максимум 5 діб. Тоді тривалість робочого дня за добу ми плануємо на основі цих 5 діб, щоб встигнути виконати операцію. Враховуючи норми трудового законодавства, можемо рекомендувати застосовувати коефіцієнт змінності: 1,0, 1,5 та 2,0. При роботі із ЗЗР скорочуємо тривалість однієї зміни до 6 год.

Тоді, тривалість робочого дня визначається ї, виходячи із прийнятого коефіцієнта змінності:

$$T_{доб} = T_{зм} \cdot K, \quad (3.1)$$

де $T_{доб}$ – повна тривалість роботи агрегату протягом доби, год;

$T_{зм}$ – тривалість однієї зміни, год;

K - коефіцієнт змінності. Це параметр, який враховує, протягом скількох змін на добу буде працювати агрегат. За чинним законодавством України прийнято наступні значення коефіцієнтів: 1,0; 1,5; 2,0; 3,0. У годинах ці значення мають такий вигляд:

1 зміна – 7 годин; 1,5 – 10,5 годин; 2,0 – 14 годин; 3,0 зміни – 21 година.

Тривалість робочого дня на при виконанні операції визначається, в залежності від виконання її в агротехнічні терміни:

$$T_{доб} = T_{зм} \cdot k, \quad (3.2)$$

де k – коефіцієнт змінності.

Результати розрахунків заносимо до відповідної графи (8).

Кількість агрегатів (графа 16) необхідних для виконання даної роботи:

$$n = \frac{Q}{W_{\text{доб}} \cdot D_p}, \quad (3.3)$$

де n – розрахована кількість МТА на даній операції; Q – запланований об'єм роботи (графа 5), га; $W_{\text{доб}}$ – виробіток агрегату за добу, га/доб., т/доб.; D_p – агротехнічна тривалість виконання технологічної операції, діб.

Наприклад, для дискування агрегатом Case STX 500 + Ecolo-Tiger-730, для виконання технологічної операції в агротехнічні терміни, необхідна кількість таких агрегатів складе:

$$n = 100 / (25,7 \cdot 5) = 0,77.$$

Отже, для виконання даної операції потрібен один агрегат Case STX 500 + Ecolo-Tiger-730. Витрату палива на одиницю роботи приймаємо за довідковою літературою [7, 8] та за даними телематичних систем.

Витрата пального для виконання заданого об'єму робіт перемножуванням даних, наведених у графі 5 на дані, зафіксовані в графі 19.

Затрати праці на одиницю роботи (графа 21):

$$Z_n = \frac{m_{\text{мех}} + m_{\text{доп}}}{W_{\text{год}}}, \quad (3.4)$$

де Z_n – затрати праці на увесь обсяг робіт, люд-год/га; люд-год/т; люд-год/м³; $m_{\text{мех}}$ – кількість основних працівників, які обслуговують агрегат при роботі в одну зміну; $m_{\text{доп}}$ – кількість допоміжних працівників, які обслуговують агрегат при роботі в одну зміну; $W_{\text{год}}$ – виробіток агрегату, га/год; т/год.

У разі необхідності, для бізнес-планів розраховують прямі експлуатаційні витрати МТА:

$$C_a = \frac{C_{\text{год}}}{W_{\text{год}}}, \quad (3.5)$$

де C_a – прямі грошові витрати, грн/га, грн/т; $C_{\text{год}}$ – прямі витрати роботи агрегату протягом одиниці часу, грн/год.

Прямі експлуатаційні витрати на одиницю виконаної агрегатом роботи, грн/га, визначаємо як сума таких витрат:

$$C_a = C_1 + C_2 + C_3 + C_4, \quad (3.6)$$

де C_1 – заробітна плата, грн/га; C_2 – вартість паливно-мастильних матеріалів, грн/га; C_3 – поточні відрахування на ремонт МТА, грн/га; C_4 – планові відрахування на капітальний і поточний ремонт та технічне обслуговування, грн/га.

Кількість нормо-змін визначаємо окремо для кожного виду робіт:

$$H_{зм} = \frac{Q}{T_{зм} \cdot W_{год}}, \quad (3.7)$$

Так, кількість нормо-змін на дискуванні стерні попередника агрегатом Case STX 500 + Ecolo-Tiger-730 складе:

$$H_{зм} = 100 / (7 \cdot 3,67) = 3,89 \text{ нормо-зміни.}$$

Зауважимо, що традиційно урожай від комбайнів забирають автомобілі. Негативним фактором є рух автомобілів по полю, що створює додаткові ущільнення ґрунту.

Після проведення всіх розрахунків по технологічній карті, отримаємо такі основні результати. Витрати пального на вирощування соняшника складуть 7103,8 кг (8558 л) або 71 кг/га. Затрати праці складуть 1675,33 люд-год або 16,8 люд-год / га.

Склад агрегату				к-сть с-зм	Виробіток			Потрібно для виконання роботи			Витрати палива		Затрати праці, люд-год/га		к-сть нормо-змін
трактор	зілля	с-м	г		кг/га	л/га	га/га	агрегат	пальноє	обл.праці	за нормою	на весь обсяг	на одиниц. роботи	на весь обсяг	
9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
Case IH STX 500		Case Ecolo-tiger 730	1	3,67	25,70	36,71	2	2		2,7	270	0,54	54,5	3,68	
Manitou			1	1,2	8,4	16,8	1	3		1,1	12,1	2,50	27,5	1,3	
MTS-82.1		2ПТС-4	1	1,2	8,4	16,8	1	3		1,2	13,2	2,50	27,5	1,3	
MTS-82.1		МВД-900	1	9,4	66	132	1	3		0,8	88,0	0,32	35,0	1,7	
John Deere 6930D		Kuhn Vary 5	1	1,0	6,8	13,6	1	2		19,1	1910	2,06	205,9	14,71	
John Deere 6930D		ЗБР-24	8	6,1	42,6	85,2	1	1		2,2	220	0,16	16,4	2,35	
ХТЗ-17021		БПК-8	1	5,76	40,32	57,6	1	1		5,5	550	0,17	17,4	2,48	
Manitou			1	11	77	132	1	2		0,18	1,98	0,16	2,0	0,14	
MTS-82.1		2ПТС-4	1	3,8	28,6	45,6	1	2		0,88	7,48	0,53	5,8	0,41	
John Deere 6930D		John Deere 7200	3	3,84	28,88	46,08	1	2	2	6,5	650	0,52	49,3	3,72	
ЮМЗ-6		ВР-3М	1	3,21	19,3	38,52	1	2		0,6	6,0	0,62	6,2	0,52	
John Deere 6930D		John Deere 732	1	15	105	180	1	2		0,8	80,0	0,13	13,3	0,85	
MTS-80		КРН-5,6	1	1,96	13,72	27,44	2	4		2,5	250	2,04	204,1	7,29	
MTS-82.1		КРН-5,6	1	1,6	11,2	22,4	2	4		3,5	350	2,50	250,0	8,93	
MTS-82.1		ВР-3М	1	3,21	19,3	38,52	1	2		0,6	6,0	0,62	6,2	0,52	
John Deere 6930D		John Deere 732	1	25,6	179,2	307,2	1	2		0,8	80,0	0,08	7,8	0,56	
MTS-80		КРН-5,6	1	1,96	13,72	27,44	2	4		2,5	250	2,04	204,1	7,29	
John Deere W 550			1	1,71	11,97	23,94	1	2	2	16,2	1620	1,17	117,0	8,35	
Volvo FN 13			1	25	52	350	2	4		0,83	166	0,16	48,0	5,77	
											7103,8		1675,33		
											71,04		16,8		

Рис. 3.2. Фрагмент технологічної карти вирощування соняшника за інтенсивної технології

За формулою (1.3), підставивши дані з технічних характеристик, отримаємо, що розрахункова щільність ґрунту після збирання соняшника складе $1,64 \text{ г/см}^3$, що значно перевищує максимальне допустиме значення – $1,5 \text{ г/см}^3$. Саме з цим пов'язане інтенсивний обробіток ґрунту для вирощування наступних культур. Ми знову мусимо розпушувати поверхневий шар ґрунту, потім проводити оранку, вирівнювання і т.д. При цьому, ми, як вже говорили, порушуємо структурність ґрунту, а його агрегація деградує.

3.2. Розробка технологічної карти для вирощування соняшника в системі регенеративного землеробства

Звичайно, ми очікуємо, що перехід на регенеративне землеробство має тривати не один рік і в перші роки можливі ущільнення ґрунту, то як першу і останню технологічні операції плануємо моніторинг твердості ґрунту. Це необхідно для встановлення факту та контролю природньої релаксації ґрунту. Отже, при переході на регенеративне землеробство увесь наступний врожай має бути застрахований. Далі, діє суворя заборона на виїзд автомобілів на поле. Розвороти автомобілів дозволяються тільки на перехрестях доріг між суміжними сторонами полів. Від комбайна до автомобіля урожай транспортуватиме бункер-перевантажувач (рис. 3.3.) у складі трактора CASE STX 600 QUADTRACK і бункера-перевантажувача Kinze-1500. Обсяг кузова бункера – 67 м^3 .



Рис. 3.3. Трактор Case IH 600 Quadtrack та бункер-перевантажувач Kinze-1500.

Обидва елементи МТА на гусеничному ході.

В залежності від виробничої ситуації та потреб даний бункер може бути агрегований з іншими тракторами меншого тягового класу. Але обов'язково має бути енергозасіб на гусеничному або напівгусеничному ході (рис. 3.4). Це – обов'язкова умова для функціонування регенеративного землеробства.

В цілому, в системі регенеративного землеробства також передбачена мінімізація виїздів на поля і самих агрегатів, якими виконується технологічна операція.



Рис. 3.4. Розвантаження бункера комбайна на ходу в бункер-перевантажувач Kinze-1500.

Якщо за інтенсивної технології маємо 13 технологічних операцій, пов'язаних з виїздом МТА на поле (дискування, оранка, боронування, культивування, внесення ЗЗР тощо), так крім цього, ще й автомобілі забирають врожай від комбайнів безпосередньо на полі.

За спроектованої технології для регенеративного землеробства маємо лише 6 технологічних операцій, виконання яких стосується виїздів МТА у поля.

Таким чином, маємо наступний перелік операцій (рис. 3.5). Очевидно, що урожайність на початкових етапах впровадження буде знижуватись. Тому і плануємо її для соняшника на рівні 2,7 т / га. Така урожайність можлива за рахунок достатньої кількості вологи в ґрунті. Ґрунтові запаси вологи складаються із безпосередньо підорних запасів та опадів. А на урожайність ще впливає і сума ефективних температур.

Технологічна карта вирощування соняшнику в системі реген

Плануєма урожайність - 2,7 т/га
Група господарства - 2
Попередники: пшениця озима

№ з/п	Операція	Агроекономіка	Об'єм	Середня робота	Строки виконання		Трив. Роботи за год	Склад агрегату		
					квітень	травень		трактор	культив	с-м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Сієва покривної культури	0 см	га	100	10.07.-30.07	1	7	JOHN DEERE 8335R	Horsch Cultro 12TC	
2	Контроль твердості ґрунту	60 см	га	100	10.09-20.09	1	7	Цифровий пенетрометр S 800		
3	Навантаження добрив	0,1 т/га	т	10	05-25.09	7	14	Manitou		
4	Транспортування добрив	0,1 т/га	т	10	05-25.09	7	14	John Deere 6125		ПБН 20
5	Навантаження насіння	0,005 т/га	т	10	05-25.09	7	14	Manitou		
6	Транспортування насіння	0,005 т/га	т	10	05-25.09	7	14	CASE STX QUADTRACK 600		KINZE 1500
7	Сієва соняшника	12-14см	га	100	20.26.07	7	10	CASE IH MX 390	Horsch Maestro 36.5	
8	Транспортування води	0,1 т/га	т	10	01.-10.05	5	12	MAN		
9	Внесення гербіцидів	0,001 т/га	т	0,1	01.-10.05	5	12	HAGIE STS 12		
10	Транспортування води	0,1 т/га	т	33	01.-10.05	5	12	MAN		
11	Внесення інсектицидів та фунгіцидів	0,001 т/га	т	100	01.-10.05	5	12	HAGIE STS 12		
12	Збирання врожаю	2,7 т/га	га	100	10.20.09	5	14	JOHN DEERE 8X 1100	John Deere H356F	
13	Перевез зерна на край поля та перевантаження в автомобіль	2,7	т	270	10.20.09	5	14	CASE STX QUADTRACK 600		KINZE 1500
14	Перевезення насіння на тук	6м	т	270	10.20.09	5	14	Volvo FN 13		
15	Контроль твердості ґрунту	60 см	га	100	10.09-20.09	1	7	Цифровий пенетрометр S 800		

Рис. 3.5. Послідовність технологічних операцій за регенеративного землеробства.

Підставивши значення з технічних характеристик МТА у формулу (1.3) отримаємо таку величину щільності ґрунту:

$$\text{Щ}_{\text{пз}} = 1,5 \cdot 0,05 + 1,08 + 0,25 \cdot 3 \cdot ((0,8 \cdot 2/18) + (0,8 \cdot 2/15,2) + (0,8 \cdot 2/40)) + 0,03 \cdot 3 \cdot ((0,6 \cdot 2/12) + (0,4 \cdot 2/36) + (0,4 \cdot 2/36)) = 1,34 \text{ г/см}^2.$$

Технічно, на початковому етапі, запропонована нами техніка все ще чинитиме негативний вплив на ґрунт, але цей вплив поступово нівелюватиметься покривними культурами. Завданнями покривних культур є не тільки закриття поверхні ґрунту від дії сонячних променів та вітрів, але і утримання вологи та розпущення шару ґрунту, освоєного кореневою системою.

Проте, навіть на початковому етапі ми матимемо такі показники технології.

Для площі, на якій буде реалізоване регенеративне землеробство витрати пального складуть 2266,6 кг або 22,66 кг /га (проти 71,03 кг/га за інтенсивної технології). Обґрунтовано зменшено витрати пального у 3,1 разів. Затрати праці складуть 190,52 люд-год. або 1,9 люд-год / га. Зменшено у 8,84 рази.

Склад агрегату				Виробіток			Потрібно для виконання роботи			Витрати палива		Затрати праці, люд-год/га		К-сть нормо-змн
трактор	зчіпка	с.з.м.	К-сть с.з.м.	за год	за ам.	за добу	агрегат.	тракторис.	доп.прац.	За нормою	На весь обсяг	На одиниц. роботи	На весь обсяг	
9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
JOHN DEERE 8335R	Horsch Cultro 12TC			25	175	175	1	1		0,35	35	0,04	4,0	0,57
	Цифровий пенетрометр S 600			20	140	140		1				0,05	5,0	0,71
	Manitou			6,8	47,6	95,2	1	1		0,5	5	0,15	1,5	0,21
John Deere 6125		ПБН-20		10	70	140		1	1	1,2	12	0,10	1,0	0,14
	Manitou			6,8	47,6	95,2	1	1		0,29	2,9	0,15	1,5	0,21
CASE STX QUADTRACK 800		KINZE 1500		0,5	0,5	0,5		1	1		3	30	2,00	20,00
	CASE IH MX 380	Horsch Maestro 38,5		12	84	120	1	1		5,5	550	0,08	8,3	1,19
MAN_				0,63	4,41	7,56	1	1		0,29	2,9	1,59	15,9	2,27
	HAGIE STS 12			0,5	3,5	6	1	1		0,29	0,029	2,00	0,2	0,03
MAN_				0,63	4,41	7,56	1	1		0,29	9,57	1,59	52,4	7,48
	HAGIE STS 12			30	210	360		1	1	0,29	29	0,03	3,3	0,48
	JOHN DEERE 9X 1100	John Deere HD50F		10,64	74,48	149	1	1		11	1100	0,09	9,4	1,34
	CASE STX QUADTRACK 800	KINZE 1500		50	350	700		1	1	1,5	405	0,02	79,4	1,34
	Volvo FN 13			25	175	350	2	2		0,63	170,1	0,08	21,6	1,34
	Цифровий пенетрометр S 600			20	140	140		1				0,05	5,0	0,71
											2266,6		190,52	
											22,67		1,9	

Рис. 3.6. Фрагмент технологічної карти вирощування соняшника за регенеративного землеробства.

Таким чином, розроблена технологія вирощування соняшника за регенеративного землеробства забезпечить зменшення ущільнення ґрунту, відновлення його структури і, як наслідок, призведе до сталого зростання врожаїв.

3.3. Дистанційний контроль за полем в системі регенеративного землеробства

3.3.1. Використання платформи One Soil.

Ми запланували урожайність соняшника на рівні 2,7 т/га. Для того, щоб таку урожайність отримати, необхідно, щоб рослина отримала певну кількість мінеральних добрив, вологи та тепла. У разі зміни якогось із цих параметрів, ми можемо оперативнo змінювати і технологічні процеси. Так, одна рослина соняшника протягом всього періоду вегетації споживає близько 200 л води. Таким чином, для всіх рослин на одному гектарі, у разі норми висіву 65 000 рослин/га потрібно $65000 \cdot 0,2 \text{ т} = 13000$ тонн води. Або це повинно відповідати опадам на рівні 1300 мм. Звичайно, в нашому регіоні таких опадів немає. Отже, соняшник

бере частину запасів від опадів, а решту – із нижніх шарів ґрунту. Отже, нам варто відслідковувати кількість опадів за сезон чи за рік, щоб розуміти, наприклад, чи варто вносити добрива в якості підживлення, якщо вологи недостатньо.

Така сама ситуація і з таким параметром, як сума ефективних температур.

Сума ефективних температур – це сумарна кількість середньодобової температури, вищої за $+6\text{ }^{\circ}\text{C}$, яка накопичується протягом всього періоду вегетації.

Так, для середньоранніх гібридів цей показник має бути в межах – $1350\text{...}1500\text{ }^{\circ}\text{C}$; середньостиглих – $1500\text{...}1700\text{ }^{\circ}\text{C}$; а для пізньостиглих – $1700\text{...}1800\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Ці параметри доцільно відслідковувати на платформі One Soil (рис. 3.7, 3.8).

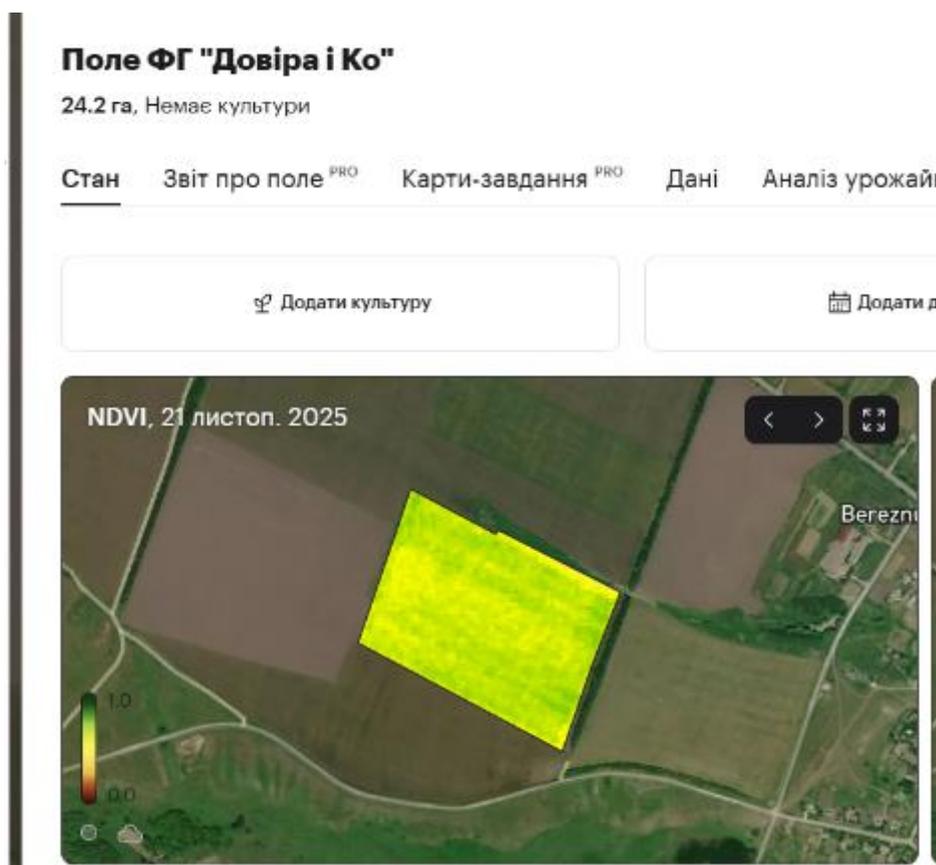


Рис. 3.7. Поле одного з підприємств на платформі One Soil з оцінкою індексу NDVI (індексу вегетації).

Зручність даної платформи полягає в тому, що супутники передають фотозвіт кожні 4...5 днів і в перспективі цей період скорочується. А система

наземних метеостанцій фіксує опади та зводить дані в єдину базу, яку ми бачимо у вигляді графіків залежності кількості опадів та температур від часу (рис. 3.8).

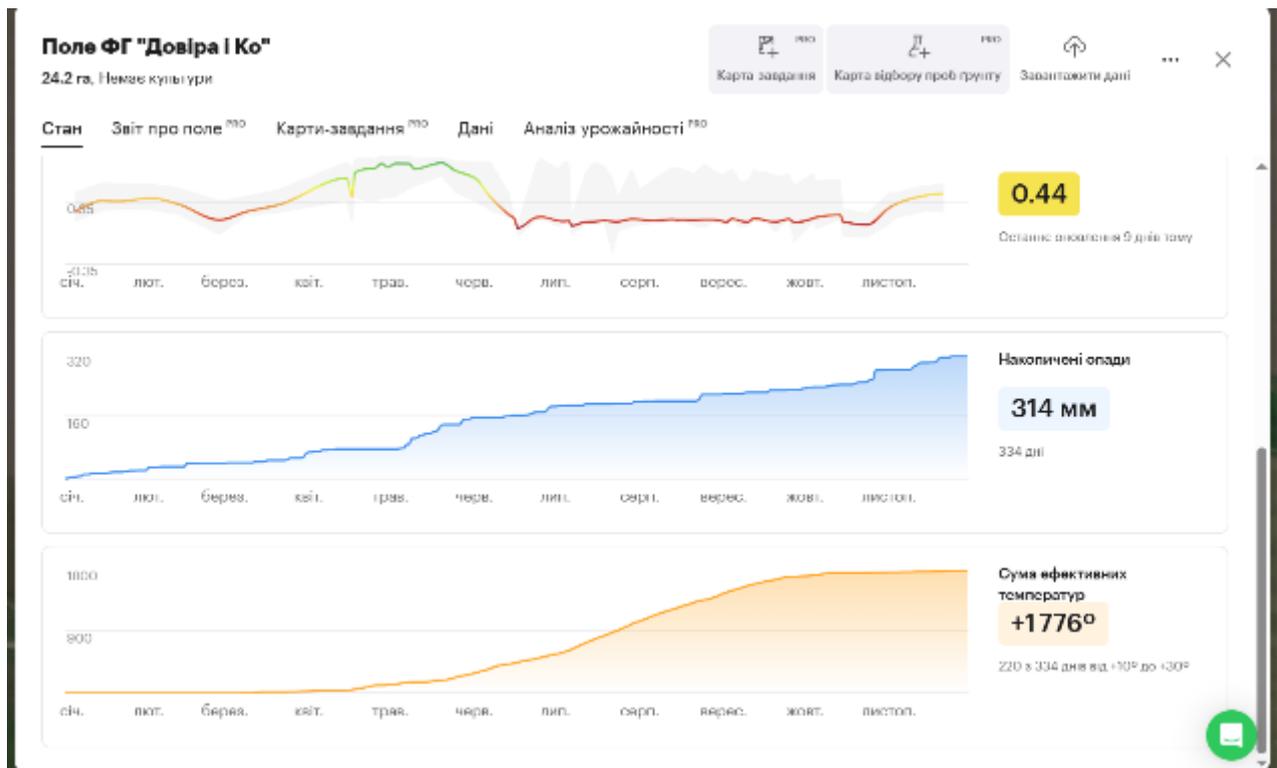


Рис. 3.8. Графіки накопичених опадів та суми ефективних температур на платформі One Soil.

Разом з тим, ми маємо змогу постійно знати індекс вегетації, тобто, наскільки інтенсивно росте і розвивається основна чи покривна культура. Це дозволяє нам розуміти, які зміни можливо потрібно вносити в технологію протягом вегетації.

3.3.2. Застосування цифрового пенетрометра S 600.

Застосування цифрового пенетрометра, контроль твердості за допомогою якого ми внесли в технологічну карту, дозволить контролювати твердість орного та підорного шару ґрунту двічі на сезон.

Цифровий пенетрометр S 600 (виробник – компанія Skok Agro) – це портативний прилад для оперативного вимірювання механічної твердості (консистенції) ґрунту та глибини залягання плужної підшви.



Рис. 3.9. Результати контролю твердості ґрунту на платформі SkokAgro.

У регенеративному землеробстві ми отримуємо такі дані при застосуванні пенетрометра:

- оцінка механічного опору ґрунту (кН/м або Н) по глибині з дискретністю 1 см на глибину 60 см;
- ідентифікація плужної підшви (якщо така є);
- контроль ущільнення після роботи техніки (наприклад, по шляхах гусениць/колес);
- моніторинг зміни структури ґрунту при впровадженні технологій (No-Till, Strip-Till, регенеративне землеробство);
- оцінка ефективності заходів по декомпації (підорення, рихлення, біотурбація).

Орієнтовні пороги (залежить від текстури і вологості):

< 1000 – 2000 кПа – ґрунт придатний до вирощування, агрофон нормальний для орного шару;

- 2000 – 3000 кПа – помірне ущільнення, але вирощувати культури ще є можливість, загроза виникнення зон з плужною підшвою;

3000 – 4000 кПа – критичне ущільнення, що може обмежувати коренеутворення і водопроникність.

Як застосувати результати в регенеративному землеробстві

- Визначити, чи необхідний глибокий обробіток (підрізання, вертикальне розпушування) або краще залишити біотурбацію/мулчування для природної реструктуризації.
- Оцінювати вплив постійних колій (СТФ) — порівняння опору на коліях і міжколіях.
- Виміряти ефект від введення покривних культур — очікувано з часом зниження опору в верхніх шарах.
- Визначити оптимальну глибину кореневого шару і рекомендації щодо глибини посіву/фракції удобрення.

Коротка рекомендація для практики

Плануйте заміри **до** і **після** ключових операцій (посів, вивіз зерна, важкі проходи техніки). Для 100 га — почніть з 20–30 точок по сітці, зафіксуйте координати, виміряйте при однаковій вологості і збережіть результати. Це дасть наочну картину ущільнення і дозволить приймати обґрунтовані рішення щодо розпушення або переходу на Controlled-Traffic Farming.

Висновки по розділу.

1. Розраховано, що за інтенсивної технології витрати пального на вирощування соняшника складуть 7103,8 кг (8558 л) або 71 кг/га. Затрати праці складуть 1675,33 люд-год або 16,8 люд-год / га.
2. При впровадженні регенеративного землеробства витрати пального складуть 2266,6 кг або 22,66 кг /га (проти 71,03 кг/га за інтенсивної технології). Обґрунтовано зменшено витрати пального у 3,1 разів. Затрати праці складуть 190,52 люд-год. або 1,9 люд-год / га. Зменшено у 8,84 рази.
3. Розрахункова величина ущільнення ґрунту за інтенсивної технології складає 1,64 г/см³, а для системи регенеративного землеробства – 1,34 г/см³.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДВЗИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Загальні положення

Із впровадженням регенеративного землеробства, змінюється і система машин. Нам необхідні модернізовані агрегати з дещо іншими функціями. Як приклад, в даній роботі ми застосувати на сівбі покривних культур модернізований посівний агрегат на основі ріжучого котка – Cultro 12ТС. Безумовно, нова машина вимагає додаткових заходів безпеки та розробки нового інструментарію щодо безпечної його експлуатації. Крім того, що їх необхідно розробити чи удосконалити, потрібно ще й гармонійно ув'язати з розробленим технологічним процесом вирощування культур в регенеративному землеробстві, у нашому випадку, соняшника.

Дійсно, технології вирощування с.-г. культур характеризуються значною кількістю випадкових зв'язків. Це дії, пов'язані зі станом випадкових станів довкілля, зміни агрофону, прийняття інших, відмінних від запланованих рішень. [12]. У поєднанні із новими чи модернізованими механізмами і машинами, кількість небезпечних факторів, зростає. Тому, з урахуванням вищеописаного, охорона праці набуває ще більш важливого значення для збереження здоров'я та життя працівників.

Охорона праці визначається як система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці на виробництві [12].

Згідно Закону України “Про охорону праці” саме на власників та керівників підприємств покладено забезпечення здорових і безпечних умов праці для робітників. Будувати та впроваджувати систему охорони праці необхідно враховуючи умови даного господарства. Усі заходи з охорони праці тісно пов'язані з організацією виробництва, економікою, технічною естетикою і т.д.

Так як тема дипломної роботи присвячена оцінці ефективності використання техніки у новій для нас системі землеробства, в роботі розглянуто застосування модернізованого посівного агрегату. Експериментальна частина полягала в проведенні досліджень на двох ділянках поля з використанням технологій цифрового землеробства. Саме застосування сучасних технологій цифрового землеробства в системі регенеративного вимагає певних заходів з охорони праці, які ми й наведемо в даному розділі.

4.2. Аналіз можливих шкідливих факторів при експлуатації модернізованого агрегату John Deere 8335R + Horsch Cultro 12TC

Як було описано вище, агрегат Horsch Cultro 12TC не є серійним продуктом та м'єднує в собі ряд функцій посівної та ґрунтообробної машини. Модернізований агрегат працює з трактором John Deere 8335R, який має двигун постійної потужності на великих швидкостях. У зв'язку з цим можуть виникати певні ризики. Ризики поділяються на: механічні/конструкційні, гідравлічні/електричні, операційні (людський фактор), агрономічні (ущільнення, ерозія), екологічні (пил, витік палива/хімікатів) та логістичні/організаційні. Для кожного — зазначено профілактику, контроль і заходи реагування. Розглянемо їх.

Механічні та конструкційні ризики.

Перевантаження тягового вузла / зчеплення

- Причини: перевищення швидкості, у тому числі на розворотах.
- Наслідки: вихід з ладу трансмісії трактора, зношення ВОМ/валів, підвищена витрата палива.
- Заходи: дотримуватися регламенту завантаження дизеля, контроль температури оливи трансмісії, контролювати оберти двигуна (2100 хв⁻¹), регулярний огляд трансмісії.

Вібрація і руйнування кріплень

- Причини: зношені болти, корозія, зростання кількості концентратів напружень після модернізації.

- Наслідки: руйнування рамних вузлів, аварійне відчеплення, травми оператора.

- Заходи: використовувати тільки сертифіковані кріпильні елементи, контролювати момент затягування за регламентом за допомогою динамометра, щоденний огляд перед виїздом.

Відмови робочих органів Cultro (котки, підшипники)

- Причини: камені, корені, надмірні удари; зношення; неякісні запчастини.

- Наслідки: заблокований агрегат, пошкодження рам, падіння якості обробітку.

- Заходи: встановити каменевідсікачі, регулярна заміна підшипників, використання амортизаційних розривних елементів, захисні щитки.

Гідравліка, паливо, електрика

Протікання гідравліки / перегрів

- Причини: пошкодження шлангів, застарілі ущільнення, надмірний тиск.

- Наслідки: пожежа, втручання у керування, забруднення ґрунту.

- Заходи: сертифіковані шланги з механічним захистом, регулярна заміна ущільнень, манометр та аварійні клапани, планове обслуговування.

Загоряння/пожежа

- Причини: паливні витоки + гарячі частини двигуна, електричні замикання, намотування сухих рослинних решток на вал котків.

- Заходи: вогнегасник у кабіні, система відводу тепла, контроль паливної системи, регулярні перевірки електрики, контроль агрофону та агрегату.

Електромонтаж і додаткове обладнання (модернізації)

- Причини: неякісна прокладка кабелів для електроніки/сигналів, волога, вібрація.

- Наслідки: вихід з ладу контролерів, помилки управління, ризик короткого замикання.

- Заходи: застосовувати захищені роз'єми, гофротруби, герметичні клеми, фільтрацію живлення, заземлення.

Операційні та людські ризики

Ненавченість операторів

- Причини: складне керування, нові режими роботи, зміни у швидкості/налаштуванні.
- Наслідки: неправильні налаштування, ДТП, ушкодження агрегату.
- Заходи: стандартизовані інструкції, навчальні сесії, перелік критичних параметрів (оберти двигуна, швидкість, освітлення), сертифікація операторів.

Невідповідні швидкості / режим руху

- Причини: прагнення підвищити продуктивність, ігнорування агротехнічних умов, відсутній контроль за якістю операції.
- Наслідки: недотримання якості робіт, перевантаження дизеля та робочих органів агрегату.
- Заходи: встановлення та дотримання граничних швидкостей для типів операцій, датчики швидкості з звуковим/візуальним попередженням.

Ризики травм в системі «людина — машина»

- Причини: відкриті елементи до рухомих частин при роботі, некоректне обслуговування, відсутність блокувань.
- Заходи: захисні кожухи, блокування ВОМ під час обслуговування, інструкції lockout/tagout.

Агроекологічні ризики (вплив на ґрунт і біоту)

Уцілювання ґрунту (особливо при роботі важким трактором)

- Причини: великі тиски на ґрунт, робота за вологості > ПТВ, часті переходи в полі.
- Наслідки: зниження пористості, обмеження коренеутворення, зниження водопроникності, зменшення урожайності.
- Заходи: Controlled Traffic Farming (CTF), широкий шинний або гусеничний хід, уникати роботи при надмірній вологості, контроль індексів структурної цілісності, періодичний моніторинг пенетрометром (S600).

Таблиця 4.1. – Оцінка ймовірності і тяжкості (швидка матриця ризиків)
(Орієнтовно; 1 = низький, 5 = дуже високий)

Ризик	Ймовірність (1–5)	Тяжкість (1–5)	Пріоритет
Ущільнення ґрунту	4	4	Високий
Поломка робочих органів (диски)	3	3	Середній
Витік гідравліки/пожежа	2	5	Високий
Ненавченість операторів	4	4	Високий
Електричні відмови модернізацій	3	3	Середній
Перевантаження трансмісії	2	4	Середній
Перелив хімікатів / забруднення	2	4	Високий

4.3. Рекомендовані заходи управління ризиками (план дій)

1. Передексплуатаційна комісія: контроль кріплень після модернізацій, сертифікація монтажу, перевірка блокувань.
2. Планове техобслуговування: щозмінне (щоденне) ТО, ТО після кожних 250 мотогодин (John Deere) та 100 годин напрацювань для машини.
3. Навчання персоналу: обов'язкові інструктажі, практичні тренування, тест на знання налаштувань (ТОВ «Агротек-Інвест», компанія Horsch).
4. Моніторинг ґрунту: регулярні заміри твердості ґрунту пенетрометром S 600 (реперні точки), карта зон ущільнення; коригування маршруту руху (Control Traffic).
5. Аварійні плани: процедури при пожежі, витоку гідравліки, поломці в полі (евакуація агрегату).
6. Документація: електронний журнал експлуатації, записи про ТО – фіксуються та зберігаються в JDLink, Storіo, журнал інструктажів.

Також важливо кожному механізатору діяти за таким орієнтовним чек-лист перед виїздом:

- перевірити кріплення культиватора, болти, ланцюги, шини/тиск; огляд підшипників;

- Огляд гідравліки (шланги/фітинги) - очевидні тріщини/протікання.
- Переконалися у справності електрообладнання (контролери, кабелі).
- Перевірити рівні оливи, охолоджувальної рідини, палива.
- Вогнегасник і аптечка на місці; засоби індивідуального захисту.
- Наявність списку телефонів сервісу та евакуації.

Детальний протокол передвихідного огляду саме під комбінацію експериментального агрегату John Deere 8335R + Horsch Cultro 12TC наведено в Додатку 3.

5. БІЗНЕ-ПЛАН ВПРОВАДЖЕННЯ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

5.1. Суть економічного ефекту

Впровадження регенеративного землеробства відбувається протягом 3...5 років. Тобто, це довготривала інвестиція. У нашому випадку проєкт спрямовано на впровадження системи регенеративного землеробства в умовах Дніпропетровської області з метою підвищення родючості ґрунтів, зменшення залежності від мінеральних добрив, скорочення викидів CO₂ та підвищення економічної стійкості підприємства.

Основним технологічним рішенням є застосування модернізованого агрегату John Deere 8335R + Horsch Cultro 12TC, який забезпечує посів покривних культур розкидним способом, рівномірне розподілення насіння по поверхні ґрунту, оптимальне подрібнення рослинних решток, прискорення їх мінералізації та відновлення структури ґрунту без надмірного механічного втручання.

Проєкт включає технічну модернізацію, навчання персоналу, впровадження агроаналітичних систем моніторингу та перехід на комплексну регенеративну модель за 3 роки.

5.2. Проєктна пропозиція у форматі, придатному для подачі на гранти ЄС / ФАО.

Резюме проєкту (executive summary)

Проєкт спрямовано на впровадження системи регенеративного землеробства в господарстві площею 100 га з метою підвищення родючості ґрунтів, зменшення залежності від мінеральних добрив, скорочення викидів CO₂ та підвищення економічної стійкості підприємства. Основним технологічним рішенням є застосування комплексу **John Deere 8335R + Horsch Cultro 12TC**, який забезпечує оптимальне подрібнення рослинних решток, прискорення їх мінералізації та відновлення структури ґрунту без надмірного механічного втручання.

Проект включає технічну модернізацію, навчання персоналу, впровадження агроаналітичних систем моніторингу та перехід на комплексну регенеративну модель за 3 роки.

Проблема, яку вирішує проєкт (Problem statement)

Сільськогосподарський сектор України стикається з такими викликами:

- деградація ґрунтів (зменшення гумусу, підвищена ерозія);
- висока залежність від добрив і пального;
- низька ефективність традиційної оранки;
- кліматичні ризики (посуха, зростання потреби у волозі);
- низький рівень цифровізації агровиробництва.

Запровадження регенеративних технологій дозволяє значно зменшити витрати, покращити стійкість до посухи, зменшити викиди CO₂, та відновити природні властивості ґрунту.

Мета та завдання проєкту (Project goals & objectives)

Мета:

Створити повноцінну модель регенеративного землеробства у господарстві шляхом впровадження технології біологічної реінтеграції поживних решток та мінімальної обробітки ґрунту.

Завдання:

1. Підвищити рівень органічної речовини в ґрунтах мінімум на 0,3–0,5% за 3 роки.
2. Зменшити витрати на мінеральні добрива на 25–35%.
3. Зменшити витрати пального на 20–30%.
4. Впровадити цифровий моніторинг ґрунтів та біоти (S600 Penetrometer, JD Link, Cropio).
5. Забезпечити сталий обробіток без порушення структури ґрунту за допомогою комплексу **John Deere 8335R + Horsch Cultro 12TC**.
6. Провести навчання персоналу з регенеративних практик.

Обґрунтування регенеративної моделі (Justification)

Horsch Cultro 12TC — інструмент надшвидкого посіву покривних культур із подрібненням стерні поередника.

Переваги:

- створення мікротріщин у ґрунті;
- прискорення розкладу рослинних решток у 2–3 рази;
- стимуляція біоти без інверсії ґрунту;
- зменшення втрат вологи;
- формування мульчуючого шару.

John Deere 8335R – трактор з високоточним GPS та телематикою JDLink, що дозволяє:

- оптимізувати шлях руху (точність ведення $\pm 2,5$ см);
- контролювати витрати пального (через постійний моніторинг JD Link);
- збирати польову аналітику (Cropio, John Deere Operation);
- інтегрувати виробничу карту поля.

Цільова аудиторія (Target groups)

- Власники та орендарі земельних паїв
- Аграрні спеціалісти господарства
- Місцеві громади (покращення екологічної ситуації)
- Регіональні експортні хаби (покращення якості продукції)

Очікувані результати (Expected results)

Короткострокові (до 12 місяців):

- Запуск системи Cultro + JD8335R у повному циклі.
- Визначення базової якості ґрунтів (агрохімічний аналіз, пенетрометрія)
- Зменшення глибини обробітку без втрати врожайності.
- Навчання персоналу.

Довгострокові (2–3 роки):

- Підвищення врожайності культур на 8...15%, починаючи з третього року впровадження.
- Підвищення рівня гумусу.
- Оптимізація або зменшення потреби в добривах.
- Збереження вологи, підвищення стресостійкості до посухи.
- Формування повної карти родючості.

В табл. 7.1. наведений орієнтовний план реалізації проєкту.

Табл. 7.1. – План реалізації (Work plan & Timeline)

Етап	Опис робіт	Термін
1	Аудит ґрунтів, пенетрометрія, аналіз показників	Місяць 1
2	Технічна підготовка JD 8335R + Cultro 12TC	Місяць 1–2
3	Навчання агрономів і механізаторів	Місяць 2
4	Осіннє/весняне подрібнення решток Cultro	Місяць 2–12
5	Встановлення систем JDLink / Cropio	Місяць 3–6
6	Моніторинг змін у структурі ґрунту	Місяць 3–18
7	Аналіз економічної ефективності	Місяць 12–24
8	Підготовка звіту та масштабування	Місяць 24–36

На основі складених технологічних карт складаємо бюджет витрат
(Estimated Budget)

I. Обладнання:

- Модернізація Horsch Cultro 12TC: 25500 €
- Модернізація Horsch Maestro SW 36.5: 45000 €
- Датчики, моніторингові станції поля: 12000 €
- Пальне, запчастини: 4000 €

II. Аналітика та впровадження:

- Лабораторні аналізи ґрунтів: 130 €

- Цифровізація (програмне забезпечення): 700 €

III. Навчання персоналу:

1. Тренінги, сертифікація: 500 €

IV. Адміністрування:

- Координація проєкту
- Підготовка звітів для грантових структур

Загальний бюджет: 87 830 €.

Враховуючи вартість соняшника на ринку України станом на листопад 2025 року на рівні 24000 грн/т, за урожайності культури 2,7 т, плануємо отримати дохід від продажу насіння:

$$D = C \cdot m = 24000 \cdot 270 / 47.5 = 136\,421 \text{ €}.$$

Відповідно, даний дохід не покриє всіх витрат на впровадження проєкту.

Тому пропонуємо залучити інвестиційні кошти під грантову підтримку від Фонду Говарда Г. Баффета або ФАО (Продовольча та сільськогосподарська організація ООН). Ці організації надають гранти виробникам сільськогосподарської продукції в межах різних грантів в сумі 10 000 \$, 25 000\$ та 150 000\$.

Основні умови для отримання гранту:

- Відсутність податкової заборгованості;
- Можливість власного внеску не менше 10%;
- Бути зареєстрованим в Державному аграрному реєстрі;
- Підтверджений ринок збуту (не готівка);
- Підприємство не є банкрутом;
- Високі етичні стандарти ведення агробізнесу;
- Ряд інших вимог, направлених на особу-підприємця (повні 18 років, відсутність судимостей, наявність банківських рахунків тощо).

**Коротка економічна оцінка впровадження регенеративного
землеробства**

Показник	Одиниця виміру	Варіант	
		Базовий	Проект
Балансова вартість агрегатів	грн.	32 800 000	36 100 000
Річне використання пального	кг	7106	2525
Витрати на реновацію, ремонт та ТО	грн. / га	167,24	162,88
Вартість ПММ	грн. / га	461890	164125
Оплата праці	грн. / га	1 578 500	1 153 200
Експлуатаційні витрати	грн. / га	578,44	531,55
Величина капітальних вкладень	грн. / га	1364,2	1528,5
Приведені витрати	грн. / га	646,65	601,97
Дохід від реалізації	грн	8 400 000	6 480 000
Річний економічний ефект	грн.	2 803 957	1 270 185
Грантове фінансування* на умо- вах 50/50	€	-	87 830

*Фонд Говарда Г. Баффета або ФАО

У разі співпраці з іноземними інвестиційними фондами, проєкт має бути направлений на «Сталість та Вплив» (Sustainability & Impact), тобто:

- Технологія не потребує збільшення витрат після впровадження.
- Зменшується виснаження ґрунтів та ерозійні процеси.
- Економія добрив і пального забезпечує самоокупність терміном до 3 років;
- Модель може бути масштабована на інші господарства регіону;
- Надає конкурентну перевагу на європейському ринку (sustainable farming compliance).

Висновки по розділу. Для впровадження регенеративного землеробства на площі 100 га, необхідно залучити додаткові капітальні витрати в межах 3 300 000 грн. Та 87 830 € грантового фінансування.

Очікується в перший рік впровадження регенеративного землеробства урожайність соняшника на рівні 2,7 т/ га, дохід в межах 6 480 000 грн, а прибуток 1 270 185 грн.

Для реалізації проєкту запропоновано грантове співфінансування на рівні 87 830 € з виходом на самоокупність впродовж 3 років максимум.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Основними причинами деградації ґрунтів, на які ми можемо звернути увагу і вплинути на них є: надмірне ущільнення ґрунтів та руйнування агрегатного стану ґрунту оранкою плугами без передплужників. Це сприяло стрімкому зменшенню органіки та, як наслідок, родючість ґрунту також зменшувалася. Показано, що однією з основних умов ефективності регенеративного землеробства є наявність покривних культур та мінімізація негативної дії рушіїв техніки на ґрунт.

2. За критерієм мінімального тиску рушіїв на ґрунт обґрунтовано застосування комбайна John Deere X9 1100, який має такі показники:

- найбільша ширина захвату жатки (до 15,2 м), як наслідок має мінімальну кількість проходів агрегату і мінімальну площу колій;

- один з найменших питомих тисків на ґрунт: 29.4 кПа;

- висока продуктивність комбайна зменшуватиме час перебування техніки на полі, а отже менша вірогідність повторних виїздів, наприклад, після опадів, коли ґрунт сприятливий до ущільнення.

3. Запропоновано використання на сівбі агрегату Case IH MX380 + Horsch Maestro SW 36.5.

Обґрунтовано на сівбі покривних культур використання агрегату John Deere 8335R + Horsch Cultro 12TC. При цьому трактор обов'язково комплектується шини низького тиску Michelin Ultraflex. Продуктивність агрегату 23...26 га / год.

4. Розроблені заходи з охорони праці та детальний протокол передвиїздного огляду саме під комбінацію експериментального агрегату John Deere 8335R + Horsch Cultro 12TC наведено в Додатку 3.

5. Для впровадження регенеративного землеробства на площі 100 га, необхідно залучити додаткові капітальні витрати в межах 3 300 000 грн. Та 87 830 € грантового фінансування.

Очікується в перший рік впровадження регенеративного землеробства урожайність соняшника на рівні 2,7 т/ га, дохід в межах 6 480 000 грн, а прибуток 1 270 185 грн.

Для реалізації проекту запропоновано грантове співфінансування на рівні 87 830 € з виходом на самоокупність впродовж 3 років максимум.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Надикто В. Науково-практичні аспекти оранки / Техніка і технології АПК. №5 [92], травень, 2017 р., с 10 – 14.
2. Теоретичне дослідження та розроблення нового показника інтенсивності впливу ходових систем машинно-тракторних агрегатів на ґрунті / В. В. Адамчук, В. Ф. Камінський, В. М. Булгаков, В. Т. Надикто // Вісник аграрної науки. — 2022. — № 4. — С. 57-63.
3. Кобець А. С., Деркач О. Д., Макаренко Д. О. Машиновикористання в рослинництві (енергетичний аналіз): навч. посіб. Дніпро: Пороги, 2025. – 128 с.
4. 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.
5. Кобець А.С., Ільченко В.Ю., Бутенко В.Г. та ін. Дипломне проектування з машиновикористання в рослинництві: Навчальний посібник / За ред. А.С. Кобця. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2007. – 288 с.
6. 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.
7. Механізація вирощування сільськогосподарських культур в Україні / А.С. Кобець, О.Д. Деркач, М.І. Ролдугін, В.М. Яцук, П.М. Кухаренко, А.М. Пугач; Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет – Дніпропетровськ, 2014. – 285 с.
8. Пивовар П.В. Методологічні основи аналізу економічної ефективності використання машинно-тракторного парку / П.В. Пивовар // Вісн. ЖНАЕУ (економічні науки) – 2010. № 2 (27). – с. 42-51.
9. Механізовані польові роботи. Методика розрахунку, норми виробітку та витрати пального на збиранні сільськогосподарських культур / В.В. Вітвіцький, Н.М. Семененко, І.В. Лобастовий та ін.; за ред. В.В. Вітвіцького. – К.: УкрНДСагропром. Кн.2, 1997. – 274с.

10. Механізовані польові роботи. Методика розрахунку, норми виробітку та витрати пального на основний обробіток ґрунту / В.В. Вітвіцький, Н.М. Семененко, І.В. Лобастовий та ін.; За ред. В.В. Вітвіцького. – К.: УкрНДСагропром. Кн.4, 1996. – 655с.

11. Механізовані польові роботи. Методика розрахунку, норми виробітку та витрати пального на основний обробіток ґрунту / В.В. Вітвіцький, Н.М. Семененко, І.В. Лобастовий та ін.; За ред. В.В. Вітвіцького. – К.: УкрНДСагропром. Кн.3, 1996. – 480с.

12. 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.

Додатки

Технологічна карта вирощування соншнику в системі регенеративного землеробства на площі 100 га

Плануєть урожайність - 2,7 т/га
 Група господарства - 2
 Попередники: пшениця озима
 Наступна культура - кукурудза

№ з/п	Смерть	Агронам см	Об'єм роботи	Сроки виконання		Тип роботи за д	Склад апарату			Виробок			Потрібно для виконання роботи		Витрати палива		Зернові прир, пш-робота		К-сть нормо-літ			
				календ	маш date		трактор	віз	п	в	с-м	за год	за год	за год	за год	за год	за год	за год		за год	за год	за год
1	2	0 см	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	Сіяв покровою культурою	0 см	за	100	10.07.-30.07	1	7	JOHN DEERE 8335R	Норсін Сітра 127С			29	175	175	1	1	1,8	180	0,04	4,0	0,57	
2	Контроль твердості ґрунту	60 см	за	100	10.08-20.09	1	7	Цифровий лентометр S 600				20	140	140	1	1			0,05	5,0	0,71	
3	Незайняття добрив	0,1 мга	п	10	05-28.09	7	14	John Deere	Maple	ГРН-20		6,8	47,6	95,2	1	1	0,5	5		0,15	1,5	0,21
4	Транспортування добрив	0,1 мга	п	10	05-28.09	7	14	John Deere 8725	Maple	ГРН-20		10	70	140	1	1	1,2	12	0,10	1,0	0,14	
5	Незайняття насіння	0,005 мга	п	10	05-28.09	7	14	CASE STX QUADTRACK 800	Maple			6,8	47,6	95,2	1	1	0,29	2,9		0,15	1,5	0,21
6	Транспортування насіння	0,005 мга	п	10	05-28.09	7	14	CASE STX QUADTRACK 800		KINZE 1500		0,9	0,5	0,5	1	1	3	30	2,00	20,0	2,00	
7	Сіяв соншника	42-14см	за	100	20-26.07	7	10	CASE IH IXX 380	Норсін Насієт 36,3			12	84	120	1	1	5,5	550	0,08	8,3	1,19	
8	Транспортування води	0,1 мга	п	10	01-10.05	5	12	MAN				0,63	4,41	7,56	1	1	0,29	2,9	1,59	15,9	2,27	
9	Внесення азобудів	0,001 мга	п	0,1	01-10.05	5	12	HAGIE STS 12				0,5	3,5	6	1	1	0,29	2,9	2,00	0,2	0,03	
10	Транспортування води	0,1 мга	п	33	01-10.05	5	12	MAN				0,63	4,41	7,56	1	1	0,29	2,9	1,59	15,9	2,27	
11	Внесення фосфоридів та флуоридів	0,001 мга	п	100	01-10.05	5	12	HAGIE STS 12				30	210	360	1	1	0,29	2,9	0,03	3,3	0,48	
12	Збирання врожаю	2,7 мга	за	100	10-20.09	5	14	JOHN DEERE SX 1100	John Deere HD60F			10,64	74,48	149	1	1	11	1100	0,09	9,4	1,34	
13	Перевез зерн на край поля та перевантаження в автомобіль	2,7 мга	п	270	10-20.09	5	14	CASE STX QUADTRACK 800		KINZE 1500		50	350	700	1	1	1,5	405	0,02	79,4	1,34	
14	Перевезення насіння на лік	5м	п	270	10-20.09	5	14	Volvo FM 13				29	175	350	2	2	0,63	170,1	0,08	21,6	1,34	
15	Контроль твердості ґрунту	60 см	за	100	10.08-20.09	1	7	Цифровий лентометр S 600				20	140	140	1	1			0,05	5,0	0,71	
																			2525,5		190,52	
																			25,25		1,9	

Технологічна карта вирощування соншанику на площі 100 га (класична технологія)

Плануємо урожайність - 3,5 т/га
Група засобівсерева - 2
Попередник: пшениця озима

№ з/п	Смерть	Агротек. вим.	Об'єм продукції	Сроки виконання		Триває роботи за добу	Серед апаратури		Виробок			Потребно для виконання роботи			Витрати палива			Витрати праці, тис. год/дога			К-сть нормо-змін	
				наперед	протяж. днів		машини	трактори	га	т	т/га	т/га	т/га	т/га	т/га	т/га	т/га	т/га	т/га	т/га		т/га
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	Дискування стерні попередника	12-14см	га	100	20-26.07	5	10	Case IH 81X 900	Case EcoHo-tiger 730	3,67	25,70	36,71	2	2	2,7	270	0,54	54,5	3,89			
2	Навітаження добрив	0,1 т/га	т	11	05-23.09	2	14	MT3-82.1	Memibou	1	1,2	8,4	16,8	1	3	1,1	12,1	2,50	27,5	1,3		
3	Транспортування добрив	0,1 т/га	т	11	05-25.09	2	14	MT3-82.1	277ТС-4	1	1,2	8,4	16,8	1	3	1,2	13,2	2,50	27,5	1,3		
4	Внесення добрив	0,1 т/га	га	110	05-25.09	2	14	MT3-82.1	МВД-900	1	9,4	66	132	1	3	0,8	88,0	0,32	33,0	1,7		
5	Соранка	32 см	га	100	05-25.09	15	14	John Deere 6930D	John Deere 6930D	1	1,0	6,9	13,6	1	2	19,1	1910	2,06	203,9	14,71		
6	Рівномірне борошування	3 см	га	100	31.03-4.04	3	14	John Deere 6930D	3BP-24	8	6,1	42,6	85,2	1	1	2,2	220	0,16	16,4	2,36		
7	Культивація ґрунту	6-8см	га	100	15-30.04	6	10	X73-17021	Б7К-8	1	5,76	40,32	57,6	1	1	5,5	550	0,17	17,4	2,48		
8	Культивація передпосівна	6-8см	га	100	15-30.04	6	10	X73-17021	Б7К-8	1	5,76	40,32	57,6	1	1	5,5	550	0,17	17,4	2,48		
9	Навіта. мін. добр.	0,16т/га	т	11	15-30.04	6	12	MT3-82.1	Memibou	1	11	77	132	1	2	0,18	1,98	0,18	2,0	0,14		
10	Господ. мін. добр.	0,16т/га	т	11	15-30.04	6	12	MT3-82.1	277ТС-4	1	3,8	26,6	45,6	1	2	0,68	7,48	0,33	3,8	0,41		
11	Сівба	6-8см	га	100	15-30.04	6	12	John Deere 6930D	John Deere 7200	3	3,84	26,88	46,08	1	2	2	6,5	650	0,32	408,3	3,72	
12	Транспортування води	0,33 т/га	т	10	01-10.05	5	12	ЮМ3-6	ВР-3М	1	3,21	19,3	38,52	1	2	0,6	6,0	0,62	6,2	0,82		
13	Внесення аерозольів	0,33 т/га	т	100	01-10.05	5	12	John Deere 6930D	John Deere 732	1	15	105	160	1	2	0,8	80,0	0,13	13,3	0,85		
14	Мікродоброботок 1 з	3-4 см	га	100	20.05-30.05	3	14	MT3-80	КРН-5,6	1	1,96	13,72	27,44	2	4	2,5	250	2,04	204,1	7,29		
15	Мікродоброботок з прищепленням	5-6 см	га	100	01.06-10.06	3	14	MT3-82.1	КРН-5,6	1	1,6	11,2	22,4	2	4	3,5	350	2,50	250,0	8,93		
16	Транспортування води	0,33 т/га	т	10	01-10.06	5	12	MT3-82.1	ВР-3М	1	3,21	19,3	38,52	1	2	0,6	6,0	0,62	6,2	0,82		
17	Внесення аерозольів	0,33 т/га	т	100	01-10.06	5	12	John Deere 6930D	John Deere 732	1	25,6	179,2	307,2	1	2	0,8	80,0	0,08	7,8	0,89		
18	Мікродоброботок з прищепленням	5-6см	га	100	01-10.06	3	14	MT3-80	John Deere 732	1	1,96	13,72	27,44	2	4	2,5	250	2,04	204,1	7,29		
19	Збирання врожаю	3,5 т/га	га	350	10-20.09	8	14	John Deere IV 550	КРН-5,6	1	1,71	11,97	23,94	1	2	16,2	1620	1,17	409,4	29,24		
20	Горелення насіння на міл	б/м	т	300	10-20.09	8	14	Volvo FN 13		1	25	52	350	2	4	0,83	189	0,16	48,0	5,77		
														7103,8			1967,73					
														71,04			19,7					

Протокол передвхідного огляду саме для комбінації John Deere 8335R + Horsch Cultro 12TC, адаптований під реальні вузли, агрегати та ризики, які видно на фото й відповідають конструкції вашого агрегату.

ПРОТОКОЛ ПЕРЕДВІХІДНОГО ОГЛЯДУ

Трактор John Deere 8335R + мульчувач Horsch Cultro 12TC

(перед початком кожної зміни / виїзду в поле)

7. Загальні дані

- **Дата:** _____
 - **Місце проведення огляду:** _____
 - **Водій / механізатор:** _____
 - **Механік / інженер:** _____
-

2. Огляд трактора John Deere 8335R

2.1. Рівні робочих рідин

- ✓ Рівень моторної оливи
 - ✓ Рівень охолоджувальної рідини
 - ✓ Рівень гідравліки в основному резервуарі
 - ✓ Рівень трансмісійної оливи (PowerShift / IVT)
 - ✓ Рівень оливи в мостах і редукторах
 - ✓ Рівень рідини AdBlue (якщо присутній)
-

8. Стан двигуна і навісного обладнання

- ✓ Перевірити відсутність підтікання:
 - оливи
 - пального
 - охолодної рідини
 - гідравліки

- ✓ Візуальний огляд турбіни (відсутність оливи на корпусі)
 - ✓ Стан повітряного фільтра, датчик пилонаповнення
-

9. Ходова частина

- ✓ Тиск у шинах передніх та задніх (згідно специфікації)
 - ✓ Стан боковин і протектора
 - ✓ Болти кріплення коліс
-

10. Гідравлічна система

- ✓ Герметичність гідровиходів SCV
 - ✓ Чистота швидкороз'ємних з'єднань
 - ✓ Відсутність ривків у роботі насоса при запуску
 - ✓ Рівномірність роботи гідравліки при піднятті/опусканні культиватора
-

11. Електроніка, кабіна, безпека

- ✓ Працездатність GPS / JDLink / дисплею CommandCenter
 - ✓ Наявність і правильність збережених налаштувань гідравліки для Cultro 12TC
 - ✓ Стан освітлення: передні/задні фари, сигнальні
 - ✓ Справність камер (якщо встановлені)
 - ✓ Робота стояночного гальма
 - ✓ Справність аварійної сигналізації
-

3. Огляд агрегату Horsch Cultro 12TC

3.1. Рама й з'єднання

- ✓ Перевірити **основну раму** на відсутність тріщин, деформацій
 - ✓ Оглянути **місця зварювання** на секціях
 - ✓ Болти кріплення шарнірів та робочих секцій — перевірити затяжку
 - ✓ Перевірити **плаваючий шарнір** зчіпки на люфт
-

3.2. Робочі органи

- ✓ Стан **ножових барабанів (роторів):**

- знос ріжучих пластин
 - наявність тріщин
 - люфт у підшипниках
 - рівномірність обертання вручну
- ✓ Перевірка **підшипникових вузлів** кожного ротора на нагрів/шум (після роботи)
- ✓ Перевірити **налаштування глибини**, відповідність вимогам поля
- ✓ Огляд **притискних пружин / гідроциліндрів**, що регулюють навантаження секцій
-

3.3. Гідравліка агрегату

- ✓ Оглянути всі **рукави високого тиску**, що йдуть від трактора до культиватора:
- потертості
 - перегини
 - натяг
 - надійність кріплення в місцях розгалуження
- ✓ Перевірити **силові гідроциліндри складання крил**:
- відсутність підтікання
 - стан штоків (без сколів і корозії)
- ✓ Перевірити розподіл гідроліній у місцях, як на фото — **не повинно бути перекручення або надмірного провисання**
-

3.4. Опорно-транспортні колеса

- ✓ Тиск у шинах
 - ✓ Стан підшипників
 - ✓ Болти кріплення
 - ✓ Пневматичні рукави/захист (якщо є)
-

3.5. Система трубопроводів / кабелів

✓ Огляд **всіх полімерних рукавів**, що проходять зверху рами (видно на фото):

- рівномірність укладки
- відсутність зламів
- відсутність пошкоджень від стерні

✓ Стан **електрокабелів** (датчики, ліхтарі):

- цілісність
 - правильне кріплення
-

12.Зчіпка з трактором

- ✓ Шплінти та пальці — цілі та на місці
 - ✓ Вертикальний та горизонтальний люфт — у нормі
 - ✓ Висота навішування відповідає інструкції Cultro
 - ✓ Гідравліка підключена відповідно до схеми: підйом, складання, транспорт
-

13.Контроль безпечної роботи

- ✓ Захисні кожухи встановлені на місцях
 - ✓ Ланцюги / обмежувачі ходу не пошкоджені
 - ✓ Маркери/світловідбивачі чисті та видимі
 - ✓ У транспортному положенні крила зафіксовані
-

14.Контроль роботи в полі (після перших 100 м)

- ✓ Відсутня вібрація рами
 - ✓ Однакова якість подрібнення на лівому та правому крилі
 - ✓ Відсутність пропусків між роторами
 - ✓ Не чути сторонніх звуків (скрип, хрускіт, металічний удар)
 - ✓ Підшипники не перегріваються
 - ✓ Рівномірне обертання всіх барабанів
-

15. Оцінка ризиків перед виїздом

Потенційний ризик	Ймовірність	Наслідки	Заходи
Розрив гідролінії	Середня	Втрата керування крилами	Огляд, заміна пошкоджених рукавів
Вихід з ладу підшипника ротора	Висока при зносі	Руйнування секції	Контроль нагріву, заміна при шумі
Тріщина рами	Низька–середня	Аварійна зупинка	Огляд зварних швів
Від'єднання пальця зчіпки	Низька	Втрата агрегату	Контроль шплінтів
Нерівномірний тиск у колесах	Середня	Поперечний переки	Регулювання

16. Висновок

Агрегат допущено / не допущено до роботи (нужне підкреслити)

Підпис механізатора: _____

Підпис механіка: _____



Міністерство освіти і науки України



Національний університет біоресурсів
і природокористування України
Механіко-технологічний факультет
Кафедра сільськогосподарських машин
та системотехніки
імені академіка П. М. Василенка

ПРОГРАМА
XXVI МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
"Сучасні проблеми землеробської механіки"
(17–18 жовтня 2025 року),
присвяченої
та 125-й річниці з дня народження академіка
Петра Мефодійовича Василенка



Київ - Голосієво
17–18 жовтня 2025 року

70. ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИСКОВОЇ
БОРОНИ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

Степаненко С.П., Гриценко О.П.

71. ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ПОДРІБНЕННЯ СТЕБЕЛ СОНЯШНИКУ
ДВОСЕКЦІЙНИМ КОТКОМ-ПОДРІБНЮВАЧЕМ

Шейченко В.О., Шаповал О.В., Вольський В.А., Коцюбанський Р.В.

72. ВІБРОФРИКЦІЙНИЙ МЕТОД СЕПАРАЦІЇ НАСІННЯ КОСТРИЦІ
ЛУЧНОЇ

Михайлов А.Д., Козаченко О.В., Бакум М.В., Крекот М.М., Сіяєва О.В.

73. ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ВНЕСЕННЯ РІДКИХ
ДОБРІВ ҐРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТА ПРИ ВИРОЩУВАННІ
ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ

Павченко А.С., Волянський М.С.

74. МОЖЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ГВИНТОВИХ
ТРАНСПОРТЕРІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ПІД
ЧАС ЇХ ПРОЕКТУВАННЯ

Тарасенко Д.С., Біловод О.І., Канівець О.В.

75. ЕФЕКТИВНІСТЬ МЕХАНІЗОВАНОЇ БОРОТЬБИ З БУР'ЯНАМИ В
ОРГАНІЧНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ

Савченко І.Ф., Рихлівський П.А., Коновал О.О.

76. МЕХАНІЗМ АГРЕГАТУВАННЯ ДЛЯ МОСТОВОЇ МАШИНИ

Бойко В.Б., Клименко О.В., Гуменюк О. О

77. НАПРЯМКИ ПРОЕКТУВАННЯ ТВЕРДОПАЛИВНИХ ВИРОБНИЦТВ
У ГОСПОДАРСТВАХ

Єременко О.І., Войналович О.В., Данько М.А.

78. ЗАСТОСУВАННЯ ПРИНЦИПІВ МЕХАТРОНІКИ ПРИ
ПРОЄКТУВАННІ ПНЕВМОГРАВІТАЦІЙНОГО СЕПАРАТОРА
ЗЕРНОВИХ СУМІШЕЙ

Недільський Д.С., Петренко Д.І.

79. ДО ПИТАННЯ ВПЛИВУ ВІБРАЦІЙ ПРИ СІВБИ АГРЕГАТАМИ, ЩО
ПРАЦЮЮТЬ В ТЕХНОЛОГІЇ PRECISION PLANTING

*Деркач О.Д., Макаренко Д.О., Мельниченко В.І., Гриценко О.Ю.,
Титаренко С.С.*

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет
Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

Ефективність використання сільськогосподарської
техніки при впровадженні регенеративного
землеробства

Виконав: студент 2 курсу, гр. МгАІ-3-24
ГРИЦЕНКО Олександр Юрійович

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

Дніпро - 2025

1

Мета: проєктування і дослідження ефективності техніки в нових сучасних технологіях вирощування с.-г. культур, а саме – застосування елементів регенеративного землеробства.

Завдання:

- Проаналізувати існуючий досвід впровадження регенеративного землеробства та дослідити склад техніки;
- Розробити проєкт адаптованої системи регенеративного землеробства для Дніпропетровської області;
- Навести заходи з охорони праці та економічну ефективність розробленої технології;
- Визначити ефективність використання техніки

2

АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ

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



$$K_C = \frac{\sum M_a}{\sum M_o} \quad K_C \leq 0,67 - \text{оранка!}$$

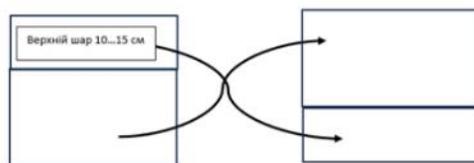
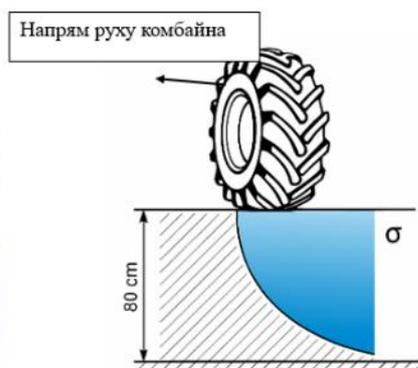
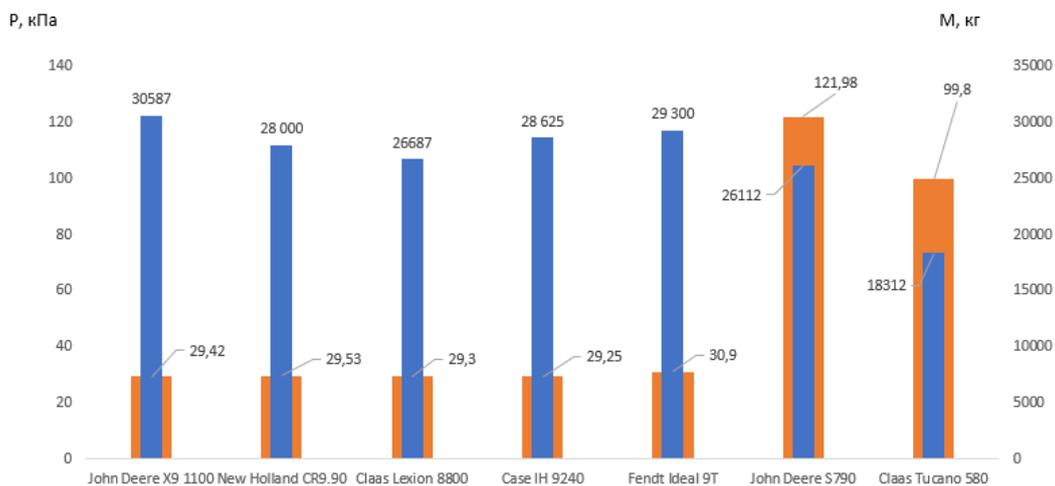


Рис. 1.3. Схема переміщення шарів ґрунту в результаті дії плуга з передплужником.



3

АГРОТЕХНІЧНИЙ АНАЛІЗ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНІКИ ДЛЯ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА



Залежність маси комбайнів та величини тиску рушіїв на ґрунт

4

Експериментальна частина

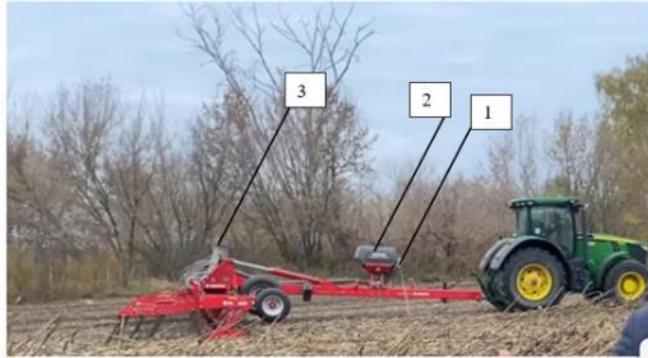
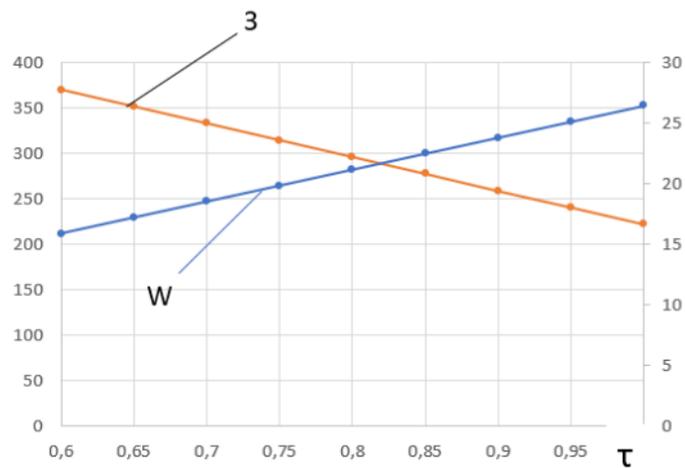


Рис. 2.5. Модернізований коток для посіву покривних культур Horsch Cultro 12TC в агрегаті з трактором John Deere 8335R



5

ОПТИМАЛЬНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ МОДЕРНІЗОВАНОГО АГРЕГАТУ CULTRO 12TC



Залежність продуктивності W та витрат $З$ агрегату John Deere 8335R + Cultro 12TC від коефіцієнта використання робочого часу τ

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Показник	Одиниця виміру	Варіант	
		Базовий	Проект
Балансова вартість агрегатів	грн.	32 800 000	36 100 000
Річне використання пального	кг	7106	2525
Витрати на реновацію, ремонт та ТО	грн. / га	167,24	162,88
Вартість ПММ	грн. / га	461890	164125
Оплата праці	грн. / га	1 578 500	1 153 200
Експлуатаційні витрати	грн. / га	578,44	531,55
Величина капітальних вкладень	грн. / га	1364,2	1528,5
Приведені витрати	грн. / га	646,65	601,97
Дохід від реалізації	грн.	8 400 000	6 480 000
Річний економічний ефект	грн.	2 803 957	1 270 185
Грантове фінансування* на умовах 50/50	€	-	87 830

*Фонд Говарда Г. Баффета або ФАО

9

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Основними причинами деградації ґрунтів, на які ми можемо звернути увагу і вплинути на них є: надмірне ущільнення ґрунтів та руйнування агрегатного стану ґрунту оранкою плугами без передплужників. Це сприяло стрімкому зменшенню органіки та, як наслідок, родючість ґрунту також зменшувалася. Показано, що однією з основних умов ефективності регенеративного землеробства є наявність покривних культур та мінімізація негативної дії рушіїв техніки на ґрунт.

2. За критерієм мінімального тиску рушіїв на ґрунт обґрунтовано застосування комбайна John Deere X9 1100, який має такі показники:

- найбільша ширина захвату жатки (до 15,2 м), як наслідок має мінімальну кількість проходів агрегату і мінімальну площу колій;

- один з найменших питомих тисків на ґрунт: 29.4 кПа;

- висока продуктивність комбайна зменшуватиме час перебування техніки на полі, а отже менша вірогідність повторних виїздів, наприклад, після опадів, коли ґрунт сприятливий до ущільнення.

3. Запропоновано використання на сівбі агрегату Case IH MX380 + Horsch Maestro SW 36.5.

Обґрунтовано на сівбі покривних культур використання агрегату John Deere 8335R + Horsch Cultro 12TC. При цьому трактор обов'язково комплектується шини низького тиску Michelin Ultraflex. Продуктивність агрегату 23...26 га / год.

4. Розроблені заходи з охорони праці та детальний протокол передвихідного огляду саме під комбінацію експериментального агрегату John Deere 8335R + Horsch Cultro 12TC наведено в Додатку 3.

5. Для впровадження регенеративного землеробства на площі 100 га, необхідно залучити додаткові капітальні витрати в межах 3 300 000 грн. Та 87 830 € грантового фінансування.

Очікується в перший рік впровадження регенеративного землеробства урожайність соняшника на рівні 2,7 т/ га, дохід в межах 6 480 000 грн, а прибуток 1 270 185 грн.

Для реалізації проекту запропоновано грантове співфінансування на рівні 87 830 € з виходом на самоокупність впродовж 3 років максимум.

10