

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломного проекту

ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

**Ефективність впровадження енергоощадних технологій при вирощуванні
соняшнику**

Виконав: студент 3 курсу, групи АІС-1-23 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Копиця Едуард Андрійович

Керівник: _____ Кабат Олег Станіславович

Рецензент: _____

Дніпро – 2026

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ЕМТП

(назва кафедри)

ДОЦЕНТ

(вчене звання)

Деркач О.Д.

(підпис)

прізвище, ініціали

«05» травня 2026 р

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

Копиці Едуарду Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: Ефективність впровадження енергоощадних технологій при вирощуванні соняшнику

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

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

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

2. Строк подання студентом проєкту 12.06.2026 р.

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

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

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

1. Аналіз вирощування соняшнику (A1) 2. План механізованих робіт вирощування соняшнику (A1) 3. Агрегат ґрунтообробний (вид загальний) (A1).
4. Коток. Складальний кресленик (A1) 5. Диск. Складальний кресленик (A3) 6. Корпус (A3). 7. Ребро (A4). 8. Накладка (A4). 9. Кришка (A4). 10. Втулка з'єднувальна (A4). 11. Операційно-технологічна карта обробітку (A1) 12. Техніко-економічні показники (A1).

6. Консультанти розділів проєкту

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

7. Дата видачі завдання: 05.05.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

_____ (підпис)

Копиця Е. А.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту

_____ (підпис)

Кабат О. С.

_____ (прізвище та ініціали)

[illegible]

АНОТАЦІЯ

Копиця Е. А. Ефективність впровадження енергоощадних технологій при вирощуванні соняшнику / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

У роботі розглянуто сучасний стан вирощування соняшнику в Україні та досліджено ефективність застосування енергоощадних технологій обробітку ґрунту. Проведено аналіз посівних площ, рівня врожайності культури та основних факторів, що впливають на ефективність виробництва соняшнику. Обґрунтовано доцільність використання безполицевого обробітку ґрунту із застосуванням чизельних агрегатів для збереження вологи, покращення водно-повітряного режиму ґрунту та зменшення енергетичних витрат.

У роботі розроблено план механізованих робіт при вирощуванні соняшнику та виконано обґрунтування основних елементів технології вирощування культури. Запропоновано удосконалену конструкцію ґрунтообробного агрегату, проведено розрахунок і обґрунтування параметрів чизельного плуга та циліндричної пружини котка. Розроблено операційно-технологічну карту виконання технологічного процесу.

Також у роботі розглянуто питання охорони праці та захисту навколишнього середовища під час виконання ґрунтообробних операцій. Виконано техніко-економічне обґрунтування використання удосконаленого агрегату та визначено економічний ефект від його впровадження у технологію вирощування соняшнику.

Ключові слова: соняшник, енергоощадні технології, безполицевий обробіток ґрунту, чизельний плуг, глибкорозпушування, ґрунтообробний агрегат, механізовані роботи, продуктивність, паливно-мастильні матеріали, економічна ефективність, родючість ґрунту, охорона праці.

Зміст

ВСТУП.....	7
1 СУЧАСНИЙ СТАН ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ В УКРАЇНІ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ЕНЕРГООЩАДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ.....	9
1.1 Значення соняшнику для сільського господарства України	9
1.2 Аналіз посівних площ та рівня врожайності соняшнику	13
1.3 Застосування енергоощадних технологій при вирощуванні соняшнику ..	16
1.4 Сучасні конструкції машин для безполицевого розпушування ґрунту.....	20
1.6 Висновки з розділу	25
2 РОЗРОБКА ПЛАНУ МЕХАНІЗОВАНИХ РОБІТ ВИРОБНИЦТВА СОНЯШНИКУ	26
2.1 Обґрунтування комплексу основних технологічних операцій при вирощуванні соняшнику	26
2.2 Обґрунтування та розрахунок елементів технології вирощування соняшнику.....	28
2.3 Висновки з розділу	31
3 УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ҐРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТУ	33
3.1 Обґрунтування розробки агрегату для обробітку ґрунту	33
3.2 Розрахунок та обґрунтування параметрів чизельного плуга.....	35
3.3 Обґрунтування параметрів циліндричної пружини котка	39
3.4 Висновки з розділу	42
4 РОЗРОБКА ОПЕРАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ	43
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	47
6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ УДОСКОНАЛЕНОГО ҐРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТУ	50
ВИСНОВКИ	54
БІБЛІОГРАФІЯ	56
ДОДАТКИ	59

ВСТУП

Соняшник є однією з провідних олійних культур України та має важливе народногосподарське значення. Високий попит на соняшникову олію на внутрішньому і зовнішньому ринках обумовлює постійне зростання площ його вирощування та потребу у підвищенні ефективності виробництва. Разом із тим сучасне сільське господарство характеризується значними витратами паливно-енергетичних ресурсів, що призводить до зростання собівартості продукції та негативного впливу на навколишнє середовище. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває впровадження енергоощадних технологій при вирощуванні соняшнику.

Енергоощадні технології передбачають раціональне використання матеріально-технічних ресурсів, мінімізацію витрат пального, оптимізацію технологічних операцій, застосування сучасної високопродуктивної техніки, систем точного землеробства та ресурсозберігаючих способів обробітку ґрунту. Їх використання дає змогу зменшити енерговитрати, підвищити продуктивність праці, знизити виробничі витрати та забезпечити стабільну врожайність культури.

Одним із перспективних напрямів є застосування мінімального та нульового обробітку ґрунту, сучасних посівних комплексів, диференційованого внесення добрив і засобів захисту рослин, а також використання енергоефективних машинно-тракторних агрегатів. Водночас ефективність впровадження таких технологій залежить від ґрунтово-кліматичних умов, рівня технічного забезпечення господарств та дотримання агротехнологічних вимог.

Тому дослідження ефективності впровадження енергоощадних технологій при вирощуванні соняшнику є актуальним науковим і практичним завданням, спрямованим на підвищення економічної та енергетичної ефективності виробництва олійної продукції.

Метою роботи є дослідження ефективності впровадження енергоощадних технологій при вирощуванні соняшнику та визначення шляхів зниження

енергетичних і виробничих витрат при забезпеченні високої врожайності культури.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання**:

1. Провести аналіз сучасного стану вирощування соняшнику в Україні та дослідити ефективність застосування енергоощадних технологій обробітку ґрунту.

2. Обґрунтувати комплекс основних технологічних операцій і розрахувати елементи технології вирощування соняшнику в умовах енергоощадного землеробства.

3. Проаналізувати існуючі конструкції машин для безполицевого розпушування ґрунту та обґрунтувати необхідність удосконалення ґрунтообробного агрегату.

4. Виконати розрахунок і обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів чизельного плуга та циліндричної пружини котка.

5. Розробити операційно-технологічну карту виконання механізованих робіт при вирощуванні соняшнику із застосуванням удосконаленого агрегату.

6. Визначити техніко-економічну ефективність впровадження удосконаленого ґрунтообробного агрегату, а також оцінити умови охорони праці та захисту навколишнього середовища під час виконання технологічних операцій.

Об'єкт дослідження – процес вирощування соняшнику із застосуванням енергоощадних технологій.

Предмет дослідження – технологічні, енергетичні та економічні показники ефективності впровадження енергоощадних технологій при вирощуванні соняшнику.

1 СУЧАСНИЙ СТАН ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ В УКРАЇНІ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ЕНЕРГООЩАДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

1.1 Значення соняшнику для сільського господарства України

Соняшник є однією з найважливіших олійних культур України та займає провідне місце у структурі посівних площ сільськогосподарських культур. Висока економічна ефективність його вирощування, стабільний попит на внутрішньому і світовому ринках, а також широкий спектр використання продукції переробки визначають його важливе значення для агропромислового комплексу держави. Україна традиційно входить до числа найбільших світових виробників і експортерів соняшнику та соняшникової олії, що забезпечує значні валютні надходження до економіки країни.

За останні роки площі посіву соняшнику в Україні суттєво зросли. Якщо у 2000 році посівні площі культури становили близько 2,9 млн га, то у 2021–2023 роках вони перевищували 5–6 млн га. У структурі посівних площ олійних культур соняшник займає понад 65–70 %. Найбільші площі вирощування зосереджені у степових та лісостепових регіонах України, зокрема у Дніпропетровській, Кіровоградській, Полтавській, Харківській, Запорізькій та Миколаївській областях.

Середня врожайність соняшнику в Україні залежить від природно-кліматичних умов, рівня агротехніки, забезпечення добривами та засобами захисту рослин. У 2000 році середня врожайність становила близько 1,2 т/га, тоді як у 2021 році цей показник перевищив 2,4–2,6 т/га. У передових господарствах при застосуванні сучасних технологій вирощування врожайність може досягати 3,5–4,5 т/га, а в окремих випадках – понад 5 т/га. Підвищення врожайності стало можливим завдяки впровадженню високопродуктивних гібридів, використанню точного землеробства, сучасної техніки та енергоощадних технологій.

Важливе значення соняшнику визначається високою олійністю насіння. Залежно від сорту та умов вирощування вміст олії в насінні становить 45–55 %, а в окремих гібридів – до 58 %. Соняшникова олія є одним із основних продуктів харчування населення та широко використовується у харчовій, консервній, хлібопекарській і кондитерській промисловості. Крім того, вона застосовується у фармацевтичній, лакофарбовій та косметичній галузях.

Україна посідає провідні позиції у світі з виробництва соняшnikової олії. Частка української продукції на світовому ринку у деякі роки перевищувала 45–50 %. Щорічне виробництво соняшnikової олії до початку повномасштабної війни становило понад 6–7 млн т, значна частина якої експортувалася до країн Європейського Союзу, Індії, Китаю та Туреччини. Експорт соняшnikової олії приносив Україні мільярди доларів валютної виручки та був одним із ключових джерел надходжень у аграрному секторі.

Велике значення мають також побічні продукти переробки соняшнику. Після видобування олії залишається макуха та шрот, які є цінними високобілковими кормами для тваринництва. У соняшниковому шроті міститься 35–40 % протеїну, що робить його важливим компонентом комбікормів для великої рогатої худоби, свиней та птиці. Лушпиння соняшнику використовується як паливо для твердопаливних котлів, а також для виробництва паливних гранул і брикетів. Таким чином, соняшник має важливе значення не лише для рослинництва, а й для розвитку тваринництва та біоенергетики.

Вирощування соняшнику є економічно вигідним для більшості сільськогосподарських підприємств. Рентабельність виробництва культури залежить від урожайності, цін на продукцію та рівня виробничих витрат. У сприятливі роки рентабельність вирощування соняшнику може перевищувати 40–60 %, що значно вище порівняно з багатьма зерновими культурами. Саме тому соняшник залишається однією з основних експортно орієнтованих культур аграрного сектору України.

Разом із тим надмірне насичення сівозмін соняшником негативно впливає на стан ґрунтів та фітосанітарний стан полів. Науково обґрунтована частка соняшнику у структурі посівів не повинна перевищувати 12–15 %, а повертати культуру на попереднє поле рекомендується не раніше ніж через 7–8 років. Проте в окремих господарствах через високу прибутковість соняшник висівають через 3–4 роки, а інколи навіть частіше. Це призводить до виснаження ґрунтів, зменшення запасів вологи, поширення хвороб та шкідників, зниження врожайності.

Соняшник характеризується значним споживанням поживних речовин із ґрунту. Для формування 1 т насіння та відповідної кількості побічної продукції рослини виносять приблизно 40–60 кг азоту, 20–30 кг фосфору та 100–150 кг калію. Тому для підтримання родючості ґрунтів необхідно застосовувати науково обґрунтовані системи удобрення та впроваджувати енергоощадні технології обробітку ґрунту.

Важливу роль у сучасному виробництві соняшнику відіграють енергоощадні технології. Використання мінімального та нульового обробітку ґрунту дозволяє зменшити витрати пального на 25–40 %, скоротити кількість проходів техніки по полю та знизити ущільнення ґрунту. Наприклад, при традиційному обробітку витрати дизельного пального можуть становити 60–80 л/га, тоді як при мінімальному обробітку – 35–45 л/га. Це забезпечує суттєве зниження собівартості продукції.

Застосування сучасних посівних комплексів та систем точного землеробства також сприяє підвищенню ефективності вирощування соняшнику. Використання GPS-навігації, автоматичного керування агрегатами, диференційованого внесення добрив та засобів захисту рослин дозволяє знизити перевитрати матеріальних ресурсів на 10–20 %. Крім того, впровадження точного землеробства сприяє більш рівномірному розміщенню рослин, підвищенню польової схожості та покращенню умов розвитку культури.

Однією з переваг соняшнику є його висока адаптивність до посушливих умов. Культура має добре розвинену кореневу систему, яка може проникати на

глибину понад 2–3 м і використовувати вологу з глибоких шарів ґрунту. Це дозволяє соняшнику формувати відносно стабільні врожаї навіть у роки з недостатньою кількістю опадів. Саме тому культура широко поширена у степових регіонах України.

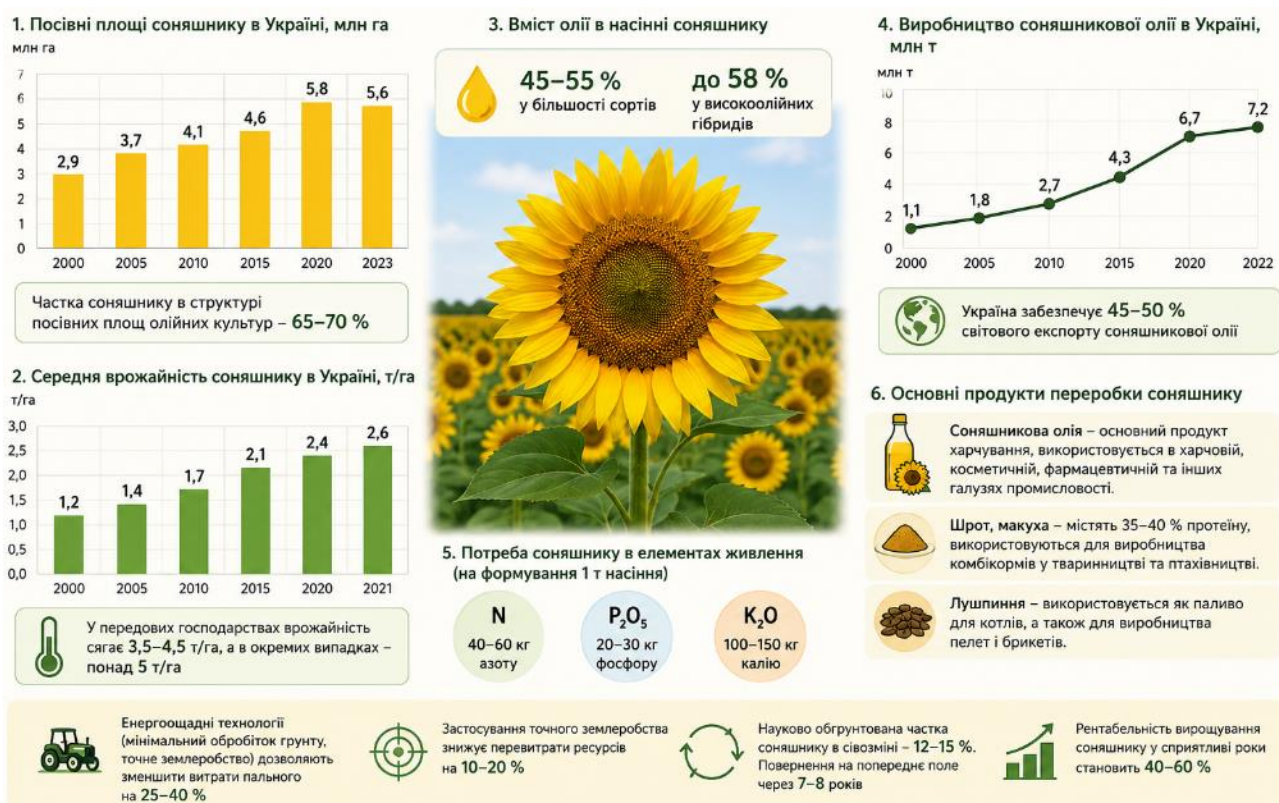


Рисунок 1.1 – Значення соняшнику для сільського господарства України

У сучасних умовах розвитку аграрного сектору значення соняшнику для економіки України залишається надзвичайно важливим. Культура забезпечує стабільні прибутки сільськогосподарських підприємств, сприяє розвитку переробної промисловості, створенню робочих місць та зміцненню експортного потенціалу держави. Подальше підвищення ефективності виробництва соняшнику пов'язане із впровадженням інноваційних та енергоощадних технологій, дотриманням науково обґрунтованих сівозмін і раціональним використанням земельних ресурсів.

Таким чином, соняшник є стратегічно важливою культурою для сільського господарства України. Його значення визначається високою економічною

ефективністю, значними експортними можливостями, широким використанням продукції переробки та важливою роллю у забезпеченні продовольчої й енергетичної безпеки держави.

1.2 Аналіз посівних площ та рівня врожайності соняшнику

Соняшник є однією з найбільш поширених олійних культур в Україні та займає провідне місце у структурі посівних площ сільськогосподарських культур. Висока рентабельність виробництва, стабільний попит на внутрішньому та зовнішньому ринках, а також значний експортний потенціал сприяли постійному збільшенню площ його вирощування протягом останніх десятиліть.

За період з 2000 по 2023 рік площі посіву соняшнику в Україні збільшилися майже вдвічі. Якщо у 2000 році посівна площа культури становила близько 2,9 млн га, то у 2010 році – вже понад 4,1 млн га. У 2020 році площі досягли 5,8 млн га, а у 2023 році становили близько 5,6 млн га. У структурі посівних площ олійних культур частка соняшнику перевищує 65–70 %, що свідчить про його важливе значення для аграрного сектору держави.

Основні площі вирощування соняшнику зосереджені у степовій та лісостеповій зонах України. Найбільшими виробниками культури є Дніпропетровська, Кіровоградська, Полтавська, Харківська, Миколаївська та Запорізька області. Сприятливі ґрунтово-кліматичні умови цих регіонів забезпечують формування високих і стабільних урожаїв.

Зростання посівних площ соняшнику пояснюється високою економічною ефективністю культури. У сприятливі роки рівень рентабельності її вирощування становить 40–60 %, а інколи перевищує 70 %. Це значно вище порівняно з багатьма зерновими культурами. Висока прибутковість стимулює аграрні підприємства збільшувати площі посіву соняшнику навіть попри ризики порушення науково обґрунтованих сівозмін.

Разом із розширенням площ вирощування суттєво зріс і рівень урожайності культури. У 2000 році середня врожайність соняшнику в Україні становила лише 1,2 т/га. Завдяки впровадженню сучасних технологій вирощування, використанню високопродуктивних гібридів, удосконаленню систем удобрення та захисту рослин цей показник поступово зростає. У 2015 році середня врожайність досягла 2,1 т/га, а у 2021 році перевищила 2,6 т/га.

У провідних аграрних підприємствах при застосуванні інтенсивних та енергоощадних технологій вирощування врожайність соняшнику становить 3,5–4,5 т/га, а в окремих випадках – понад 5 т/га. Високі показники забезпечуються за рахунок використання сучасних гібридів із потенціалом урожайності понад 5–6 т/га, систем точного землеробства, оптимізації густоти стояння рослин та ефективного використання мінеральних добрив.

Водночас рівень урожайності значною мірою залежить від погодних умов. Соняшник є посухостійкою культурою, проте тривалі періоди високих температур і дефіциту вологи під час формування кошика та наливу насіння можуть суттєво знижувати врожай. У посушливі роки врожайність у деяких регіонах може зменшуватися до 1,5–1,8 т/га.

Важливим фактором підвищення продуктивності є впровадження енергоощадних технологій вирощування. Застосування мінімального та нульового обробітку ґрунту сприяє накопиченню та збереженню вологи, зменшенню ущільнення ґрунту і скороченню витрат пального на 25–40 %. Використання сучасних посівних комплексів дозволяє одночасно виконувати декілька технологічних операцій, що забезпечує економію ресурсів та підвищення продуктивності праці.

Суттєвий вплив на врожайність мають мінеральне живлення та забезпечення рослин елементами живлення. Для формування 1 т насіння соняшник виносить із ґрунту приблизно 40–60 кг азоту, 20–30 кг фосфору та 100–150 кг калію. Тому отримання високих урожаїв неможливе без збалансованої системи удобрення. У сучасних господарствах дедалі ширше застосовують

диференційоване внесення добрив, що дозволяє зменшити перевитрати ресурсів на 10–20 %.

Позитивний вплив на врожайність має також використання сучасних засобів захисту рослин. Втрати врожаю від бур'янів, хвороб і шкідників можуть становити 20–30 %, а в окремих випадках – понад 50 %. Застосування гербіцидів, фунгіцидів та інсектицидів у поєднанні з дотриманням сівозмін забезпечує стабільне підвищення продуктивності культури.

Незважаючи на високі економічні показники, надмірне збільшення площ посіву соняшнику має негативні наслідки. Часте повернення культури на попереднє поле призводить до виснаження ґрунтів, поширення хвороб, зниження родючості та зменшення врожайності. Науково обґрунтований період повернення соняшнику у сівозміні повинен становити не менше 7–8 років, а його частка у структурі посівів – не перевищувати 12–15 %.



Рисунок 1.2 – Фактори впливу на рівень врожайності

Таким чином, аналіз посівних площ та рівня врожайності соняшнику свідчить про важливу роль культури у сільському господарстві України. Постійне зростання площ вирощування та підвищення врожайності підтверджують високу економічну ефективність виробництва соняшнику. Подальше підвищення продуктивності культури пов'язане із впровадженням сучасних енергоощадних технологій, дотриманням науково обґрунтованих сівозмін та раціональним використанням земельних ресурсів.

1.3 Застосування енергоощадних технологій при вирощуванні соняшнику

У сучасних умовах розвитку аграрного виробництва особливої актуальності набуває впровадження енергоощадних технологій вирощування сільськогосподарських культур. Постійне зростання цін на паливно-мастильні матеріали, мінеральні добрива та інші ресурси зумовлює необхідність пошуку шляхів зниження енерговитрат і підвищення економічної ефективності виробництва. Однією з найбільш перспективних культур для впровадження ресурсозберігаючих технологій є соняшник, який займає провідне місце у структурі посівних площ України.

Енергоощадні технології при вирощуванні соняшнику спрямовані на скорочення витрат пального, зменшення кількості технологічних операцій, збереження родючості ґрунту та підвищення врожайності культури. Основними напрямками енергозбереження є мінімалізація обробітку ґрунту, застосування комбінованих агрегатів, використання систем точного землеробства, оптимізація внесення добрив і засобів захисту рослин, а також впровадження безполицевого обробітку ґрунту з використанням глибокорозпушувачів.

Традиційна система обробітку ґрунту, яка базується на застосуванні полицевої оранки, потребує значних енергетичних витрат. При виконанні оранки на глибину 25–30 см витрати дизельного пального можуть становити 20–25 л/га, а загальні витрати на основний обробіток разом із передпосівною підготовкою

досягають 60–80 л/га. Крім того, багаторазові проходи техніки по полю призводять до ущільнення ґрунту, погіршення його структури та збільшення втрат вологи.

Одним із найбільш ефективних способів енергозбереження є застосування безполицевого обробітку ґрунту. Ця технологія передбачає розпушування ґрунту без перевертання пласта із збереженням рослинних решток на поверхні поля. Основними робочими органами при такому обробітку є глибокорозпушувачі, чизельні культиватори та плоскорізи.

Безполицевий обробіток із використанням глибокорозпушувачів дозволяє розпушувати ґрунт на глибину 25–45 см без порушення природної структури орного шару. При цьому покращується водопроникність ґрунту, зменшується поверхневий стік води та створюються сприятливі умови для розвитку кореневої системи рослин сояшнику. Глибокорозпушування особливо ефективно на ущільнених ґрунтах, де утворюється так звана «плужна підшва», яка перешкоджає проникненню вологи та коренів у нижні горизонти.

Однією з головних переваг безполицевого обробітку є значне скорочення витрат пального. Якщо при традиційній оранці витрати дизельного пального становлять у середньому 22–25 л/га, то при використанні глибокорозпушувачів вони знижуються до 12–16 л/га. Загальна економія пального при впровадженні енергоощадної технології може досягати 25–40 %. Наприклад, у господарстві з площею вирощування сояшнику 1000 га економія дизельного пального може становити понад 20–25 т за сезон.

Важливою перевагою безполицевого обробітку є збереження вологи у ґрунті. Рослинні рештки, що залишаються на поверхні поля, зменшують випаровування води та захищають ґрунт від перегрівання. За даними досліджень, запаси продуктивної вологи при безполицевому обробітку можуть бути на 15–25 мм більшими порівняно з традиційною оранкою. Це особливо важливо для степових регіонів України, де дефіцит вологи є одним із головних факторів обмеження врожайності сояшнику.

Глибокорозпушувачі забезпечують покращення агрофізичних властивостей ґрунту. У результаті руйнування ущільнених шарів знижується щільність ґрунту з 1,35–1,40 до 1,20–1,25 г/см³, покращується аерація та активізується діяльність ґрунтових мікроорганізмів. Це позитивно впливає на ріст і розвиток рослин сояшнику, сприяє кращому засвоєнню елементів живлення та формуванню потужної кореневої системи.

При застосуванні безполицевого обробітку спостерігається також підвищення врожайності культури. У середньому приріст урожаю сояшнику становить 0,2–0,5 т/га порівняно з традиційною технологією. У посушливих умовах приріст може бути ще більшим завдяки кращому накопиченню та збереженню вологи у ґрунті. За середньої закупівельної ціни насіння сояшнику 15–18 тис. грн за тону додатковий прибуток від підвищення врожайності може становити 3–9 тис. грн/га.

Сучасні глибокорозпушувачі обладнуються комбінованими робочими органами, що дозволяє одночасно виконувати декілька технологічних операцій: розпушування ґрунту, подрібнення рослинних решток та вирівнювання поверхні поля. Це дає змогу скоротити кількість проходів техніки та знизити витрати праці. Продуктивність сучасних глибокорозпушувачів шириною захвату 4–6 м становить 2,5–5 га/год залежно від глибини обробітку та потужності трактора.

Для ефективного використання глибокорозпушувачів необхідно правильно визначати глибину обробітку. На більшості чорноземних ґрунтів оптимальна глибина розпушування становить 30–35 см. При надмірному заглибленні різко зростає тяговий опір агрегату та витрати пального. Наприклад, збільшення глибини обробітку з 30 до 40 см може підвищити енерговитрати на 20–30 %.

Важливу роль у системі енергоощадних технологій відіграє застосування сучасних систем точного землеробства. Використання GPS-навігації та автоматичного водіння дозволяє зменшити перекриття при виконанні технологічних операцій на 5–10 %, що забезпечує економію пального та

матеріальних ресурсів. Диференційоване внесення добрив дозволяє скоротити їх витрати на 10–20 % без зниження врожайності.

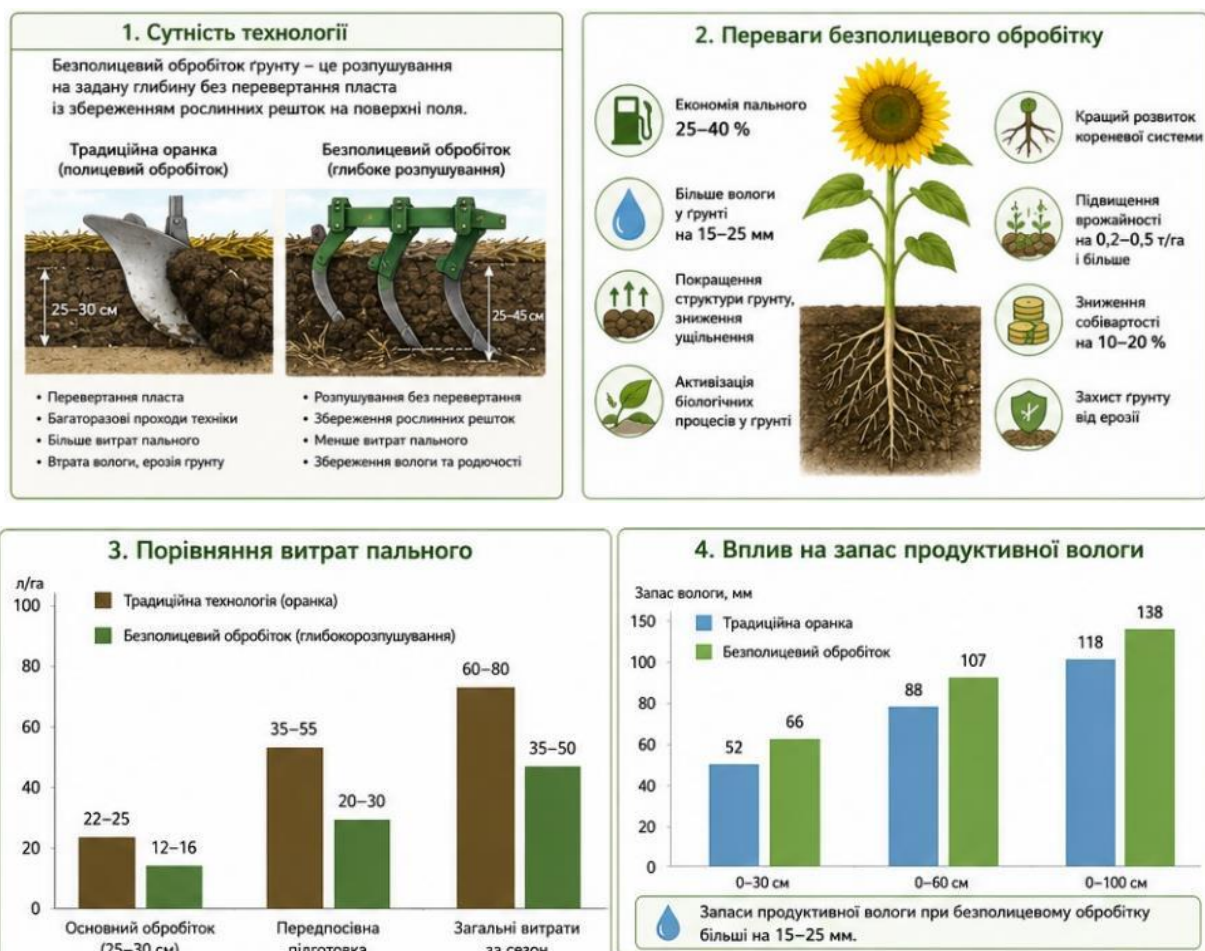


Рисунок 1.3 – Застосування енергоощадних технологій при вирощуванні соняшнику

Ефективність енергоощадних технологій значною мірою залежить від правильного підбору машинно-тракторних агрегатів. Для роботи з глибокорозпушувачами використовуються трактори потужністю 250–400 к. с., які забезпечують стабільну роботу агрегату на глибині 30–45 см. При цьому важливе значення має оптимальний швидкісний режим роботи. Найбільш ефективною є швидкість 7–10 км/год, яка забезпечує якісне розпушування ґрунту та помірні енерговитрати.

Одним із недоліків безполицевого обробітку є можливе збільшення забур'яненості полів через відсутність загортання насіння бур'янів у нижні шари ґрунту. Тому ефективне застосування такої технології потребує використання сучасних гербіцидів та дотримання науково обґрунтованих сівозмін.

Економічна ефективність впровадження безполицевого обробітку визначається зниженням витрат на паливе, оплату праці, амортизацію техніки та збільшенням урожайності культури. За розрахунками, собівартість вирощування соняшнику при застосуванні енергоощадних технологій може знижуватися на 10–20 %, а рівень рентабельності підвищуватися до 50–70 %.

Таким чином, застосування енергоощадних технологій при вирощуванні соняшнику, зокрема безполицевого обробітку ґрунту з використанням глибокорозпушувачів, є ефективним напрямом підвищення продуктивності та економічної ефективності аграрного виробництва. Використання таких технологій забезпечує скорочення енерговитрат, збереження вологи та родючості ґрунту, підвищення врожайності культури та зниження собівартості продукції. У сучасних умовах розвитку сільського господарства України впровадження ресурсозберігаючих технологій є необхідною умовою забезпечення сталого розвитку аграрного сектору.

1.4 Сучасні конструкції машин для безполицевого розпушування ґрунту

В Україні близько 15 % орних земель обробляють без використання полицевої оранки. Безполицевий обробіток ґрунту є основою сучасних ґрунтозахисних технологій, спрямованих на збереження родючості ґрунту, накопичення вологи та зменшення енергетичних витрат. Для реалізації таких технологій вітчизняні машинобудівні підприємства освоїли виробництво комбінованих ґрунтообробних агрегатів, створених за аналогією із сучасними зарубіжними зразками. В останні роки в Україні налагоджено випуск широкого

спектра машин для безполицевого обробітку ґрунту, серед яких агрегати «Агро-2», КШН-5,6, КШН-3 та КШН-2,2.

Для поверхневого та комбінованого обробітку використовують знаряддя з дисковими робочими органами, встановленими на окремих стояках, зокрема БГН-6, БГН-4 і БГД-2,4. Подібний агрегат АГД-2,3 виготовляє підприємство «Білоцерківсільмаш». Дані машини забезпечують якісне розпушування верхнього шару ґрунту, подрібнення рослинних решток та часткове вирівнювання поверхні поля.

Підприємства «Агромаш» (м. Київ) та «Червона зірка» (м. Кропивницький) випускають ґрунторозпушувачі ГРН-3,9, призначені для пошарового розпушування ґрунту на глибину 20–22 см. Крім основного обробітку, ці агрегати можуть використовуватись для культивації та підготовки ґрунту до сівби.

Акціонерне товариство «Борекс» (м. Бородянка) розробило комбінований ґрунтообробний агрегат АКГ-4, який агрегується з тракторами тягового класу 3. Машина забезпечує якісне виконання технологічного процесу та дозволяє поєднувати декілька операцій за один прохід.

Заводи «Уманьферммаш» і «Одесасільмаш» виготовляють плоскорізи ППР-2,5 та АГ-4 відповідно. Ці агрегати працюють у складі тракторів класу 3 і застосовуються у системах мінімального та безполицевого обробітку ґрунту.

Підприємством «Хмельниксільмаш» створено комбіновані швидкісні агрегати АКШ-3,6 та АКШ-5,6 для тракторів класу 3 і 5. Агрегати оснащені плоскорізальними лапами, дисковими робочими органами та гнучкою ротаційною бороною, яка додатково розпушує та вирівнює ґрунт, а також виносить бур'яни на поверхню поля. Продуктивність агрегату АКШ-3,6 досягає 6 га/год, а АКШ-5,6 – до 10 га/год. Робоча глибина обробітку становить до 20 см.

Мінімальний і безполицевий обробіток ґрунту найбільш ефективний у районах, схильних до дефіциту вологи та вітрової ерозії, насамперед у степовій зоні та на Півдні України. Водночас залежно від погодних і ґрунтових умов такі технології успішно застосовуються й у Лісостепу та Поліссі.

Одним із лідерів у виробництві техніки для безполицевого обробітку є Lemken, яка першою розробила універсальний агрегат, здатний за один прохід подрібнювати пожнивні рештки, перемішувати їх із ґрунтом, вирівнювати поверхню поля та ущільнювати ґрунт перед сівбою. Крім цього, агрегати виконують механічне знищення бур'янів шляхом підрізання та винесення їх кореневої системи на поверхню.

Для глибокого розпушування ґрунту широко застосовують чизельні плуги. Вони призначені для руйнування ущільнених шарів ґрунту, поглиблення орного горизонту та безполицевого обробітку. Робочими органами чизельних плугів є стрілчасті та долотоподібні лапи, які встановлюють на рамі з міжстояковою відстанню 40–50 см. Робоча глибина стрілчастих лап становить 20–30 см, а долотоподібних – 30–45 см.

Плуг ПЧ-2,5 складається з п'яти робочих органів, рами з навісним пристроєм, опорних коліс та допоміжних елементів. На рамі можуть встановлюватись як стрілчасті, так і долотоподібні лапи. Робочі органи розташовані у два ряди. Під час роботи долото шириною 70 мм підрізає та піднімає шар ґрунту, після чого стояки та обтічники розпушують його. Стрілчасті лапи шириною захвату 270 мм забезпечують додаткове підрізання бур'янів та інтенсивніше розпушування ґрунту. Глибина обробітку регулюється за допомогою опорних коліс.

Чизельний обробіток має низку переваг: не утворюється плужна підшва, покращується аерація ґрунту, накопичується волога та створюються сприятливі умови для розвитку кореневої системи рослин.

Сучасний чизельний плуг-глибокорозпушувач моделі 915 виробництва John Deere призначений для глибокого безполицевого розпушування ґрунту на глибину до 60 см. Машина обладнана V-подібною рамою із брусів перерізом 127×178×9,5 мм або 178×178×127 мм залежно від кількості стояків. Плуг може комплектуватися 5, 7, 9, 11 або 13 робочими органами. Відстань між стояками становить 50, 63 або 76 см, а кліренс під рамою – 101 см, що забезпечує високу прохідність навіть при значній кількості рослинних решток. Для ефективного

підрізання бур'янів робочі органи обладнані додатковими ножами шириною 266 мм.

Чизельні плуги шириною захвату 2,1–3,3 м, які виготовляє фірма Kverneland, використовуються для основного обробітку ґрунту, поглиблення орного шару та видалення каміння з ґрунту. Робочі органи агрегату мають підресорену конструкцію, що дозволяє їм відхилятися при зіткненні з перешкодами та автоматично повертатися у робоче положення. Рама виготовлена з квадратних труб перерізом 120×120×8 мм і комплектується 5, 7, 9 або 11 робочими органами.

Плуг-розпушувач «Paraplow» англійської фірми Howard складається з рами, триточкового механізму навішування, робочих органів, дискових ножів та регульовального колеса. Конструкція агрегату дозволяє змінювати міжстоякову відстань у межах 350–500 мм. При глибині обробітку 35–40 см ширина деформації ґрунту у 1,25–1,45 рази перевищує глибину ходу робочих органів, що забезпечує ефективне розпушування орного шару.

Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва поряд із позитивними результатами спричиняє і негативні наслідки, головним з яких є ущільнення ґрунту. Основними причинами ущільнення є застосування важкої техніки, багаторазові проходи агрегатів по полю, недостатня глибина обробітку та виконання польових робіт при підвищеній вологості ґрунту.

Для ґрунтів середнього механічного складу критичною вважається щільність 1,6–1,7 г/см³, при якій нормальний розвиток рослин стає неможливим. За багаторічного обробітку ґрунту на однакову глибину понад 50 % площ зазнають ущільнення підорного шару [8]. Утворюється так звана плужна підшва – ущільнений шар ґрунту товщиною 12–17 см, який перешкоджає проникненню вологи, повітря та кореневої системи у нижні горизонти.

Ущільнення ґрунту погіршує водно-повітряний режим, зменшує пористість та ускладнює проникнення коренів рослин у глибші шари. У посушливих умовах це особливо небезпечно, оскільки рослини не можуть використовувати запаси вологи з нижніх горизонтів ґрунту.

1	Глибкорозпушувач John Deere 915		Призначений для безполицевого розпушування ґрунту на глибину до 60 см.	• Робоча ширина захвату: 3,0 – 5,6 м • Кількість стійок: 5 – 13 шт. • Глибина обробітку: до 60 см • Відстань між стійками: 50 / 63 / 76 см • Необхідна потужність трактора: 250 – 400 к.с. • Маса: 3 800 – 6 500 кг • Продуктивність: 2,5 – 6,5 га/год
2	Чизельний плуг Kverneland CLC Pro		Чизельний плуг для глибокого розпушування та руйнування ущільнених шарів ґрунту.	• Робоча ширина захвату: 2,1 – 4,0 м • Кількість стійок: 5 – 11 шт. • Глибина обробітку: 25 – 50 см • Відстань між стійками: 45 – 75 см • Необхідна потужність трактора: 150 – 300 к.с. • Маса: 1 800 – 4 200 кг • Продуктивність: 1,5 – 4,5 га/год
3	Плуг-розпушувач «Paraplow» (Howard)		Комбінований плуг-розпушувач для глибокого розпушування без обертання пласта.	• Робоча ширина захвату: 2,4 – 4,8 м • Кількість стійок: 5 – 9 шт. • Глибина обробітку: 25 – 40 см • Відстань між стійками: 35 – 50 см • Необхідна потужність трактора: 120 – 250 к.с. • Маса: 1 500 – 3 200 кг • Продуктивність: 1,2 – 3,5 га/год
4	Глибкорозпушувач Horsch Terrano FX		Універсальний агрегат для безполицевого розпушування та вирівнювання ґрунту.	• Робоча ширина захвату: 3,0 – 6,0 м • Кількість стійок: 7 – 13 шт. • Глибина обробітку: 30 – 45 см • Відстань між стійками: 70 – 80 см • Необхідна потужність трактора: 250 – 400 к.с. • Маса: 3 600 – 7 200 кг • Продуктивність: 2,5 – 6,0 га/год
5	Глибкорозпушувач Great Plains SubTiller		Чизельний розпушувач для глибокого обробітку ґрунту без обертання пласта.	• Робоча ширина захвату: 2,4 – 4,0 м • Кількість стійок: 5 – 9 шт. • Глибина обробітку: 25 – 60 см • Відстань між стійками: 45 – 76 см • Необхідна потужність трактора: 150 – 300 к.с. • Маса: 1 900 – 3 900 кг • Продуктивність: 1,5 – 4,0 га/год
6	Комбінований агрегат Lemken Karat 10		Комбінований агрегат для поверхневого та глибокого безполицевого обробітку.	• Робоча ширина захвату: 3,0 – 7,0 м • Тип робочих органів: лапи + диски • Глибина обробітку: 5 – 30 см • Необхідна потужність трактора: 150 – 400 к.с. • Маса: 2 800 – 7 600 кг • Продуктивність: 2,0 – 7,0 га/год
7	Дисковий глибкорозпушувач Vaderstad Carrier 650		Дисково-лаповий агрегат для глибокого розпушування та подрібнення решток.	• Робоча ширина захвату: 3,25 – 6,25 м • Тип робочих органів: диски + лапи • Глибина обробітку: 5 – 30 см • Необхідна потужність трактора: 200 – 450 к.с. • Маса: 3 200 – 8 000 кг • Продуктивність: 2,5 – 6,5 га/год

Рисунок 1.4 – Сучасні конструкції машин для безполицевого розпушування ґрунту

Глибоке чизелювання дозволяє ефективно руйнувати плужну підшову та покращувати водно-повітряний баланс ґрунту. При цьому коренева система

культурних рослин може проникати на більшу глибину та використовувати вологу нижніх шарів. Крім того, при надмірному зволоженні надлишкова вода швидше проникає у нижні горизонти, що запобігає перезволоженню верхнього шару ґрунту.

Чизельні знаряддя навіть при тривалому використанні на одній і тій самій глибині не сприяють інтенсивному формуванню плужної підшви, оскільки їх робочі органи мають відносно невелику площу контакту з ґрунтом.

На полях, чистих від бур'янів, наприклад після вирощування картоплі або цукрових буряків, глибоке чизелювання може ефективно замінювати традиційну оранку. Особливо доцільним є використання чизельних плугів на схилах, де обробіток виконують упоперек рельєфу. Після проходження чизельного агрегату формується хвилястий профіль дна борозни з висотою гребенів до 20 см, що сприяє накопиченню та утриманню вологи.

В умовах Лісостепу України мінімальний та безполицевий обробіток забезпечує підвищення врожайності культур, зменшення виробничих витрат та збереження родючості ґрунтів. Використання чизельного обробітку сприяє покращенню структури ґрунту, руйнуванню ущільнених шарів та створенню оптимальних умов для росту і розвитку сільськогосподарських культур.

1.6 Висновки з розділу

Соняшник є однією з основних олійних культур України та має важливе економічне значення. Зростання посівних площ і врожайності культури потребує впровадження сучасних енергоощадних технологій. Встановлено, що безполицевий обробіток ґрунту з використанням глибокорозпушувачів дозволяє зменшити витрати пального на 25–40 %, покращити водно-повітряний режим ґрунту, зберегти вологу та підвищити врожайність соняшнику на 0,2–0,5 т/га. Отже, застосування енергоощадних технологій сприяє підвищенню ефективності вирощування соняшнику, зниженню собівартості продукції та збереженню родючості ґрунтів.

2 РОЗРОБКА ПЛАНУ МЕХАНІЗОВАНИХ РОБІТ ВИРОБНИЦТВА СОНЯШНИКУ

2.1 Обґрунтування комплексу основних технологічних операцій при виращуванні соняшнику

Енергоощадні технології вирощування соняшнику спрямовані на зменшення витрат паливно-енергетичних ресурсів, скорочення кількості проходів техніки по полю, збереження родючості ґрунту та підвищення врожайності культури. Впровадження таких технологій базується на раціональному поєднанні технологічних операцій і використанні сучасних високопродуктивних машин та агрегатів.

Однією з основних операцій є післязбиральний обробіток ґрунту. Його виконують для подрібнення та загортання рослинних решток, збереження вологи та підготовки поля до основного обробітку. Для цього використовують дискові борони та лушпильники типу БГД-2,4, Lemken Rubin, Vaderstad Carrier або Horsch Joker. Робоча глибина обробітку становить 6–12 см, а продуктивність агрегатів – 6–12 га/год. Витрати пального при цьому складають 6–10 л/га.

Основним елементом енергоощадної технології є безполицевий обробіток ґрунту із застосуванням глибокорозпушувачів. На відміну від традиційної оранки, такий спосіб забезпечує розпушування ґрунту без перевертання пласта, що дозволяє зберігати рослинні рештки на поверхні поля та зменшувати втрати вологи. Для виконання операції використовують глибокорозпушувачі John Deere 915, Horsch Terrano FX, KUHN Cultimer L, ПГ-3,3 та чизельні плуги ПЧ-2,5.

Робоча глибина глибокорозпушувачів становить 25–45 см, ширина захвату – 3–6 м, а продуктивність – 2,5–6 га/год. Агрегати працюють у складі тракторів потужністю 250–400 к. с., таких як John Deere 8335R, Case IH Magnum 340 або Fendt 936 Vario. Застосування безполицевого обробітку дозволяє знизити витрати дизельного пального з 22–25 до 12–16 л/га, тобто на 25–40 %.

Для передпосівної підготовки ґрунту використовують комбіновані агрегати типу АКШ-5,6, Lemken Karat 10, Kompaktor або культиватори КПС-4. Вони забезпечують вирівнювання поверхні поля, розпушування верхнього шару ґрунту та створення оптимального насінневого ложа. Робоча глибина становить 4–8 см, а витрати пального – 4–6 л/га.

Посів соняшнику виконують сучасними просапними сівалками точного висіву, які забезпечують рівномірне розміщення насіння та дотримання заданої густоти стояння рослин. Найбільш поширеними є сівалки Väderstad Tempo, John Deere DB Series, Kinze 3600 та УПС-8. Робоча швидкість сучасних сівалок досягає 10–15 км/год, а продуктивність – 8–15 га/год. Норма висіву соняшнику становить 50–70 тис. насінин на 1 га залежно від гібриду та зони вирощування.

Важливе значення в енергоощадній технології має внесення добрив. Для зменшення витрат ресурсів використовують системи диференційованого внесення мінеральних добрив із GPS-навігацією. Для цього застосовують розкидачі Amazone ZA-TS, Rauch Axis або Kuhn Axis. Використання точного землеробства дозволяє скоротити перевитрати добрив на 10–20 %.

Для захисту рослин від бур'янів, шкідників та хвороб використовують сучасні самохідні та причіпні обприскувачі: John Deere R4045, Case IH Patriot 3330, Amazone UX та Berthoud Raptor. Ширина захвату обприскувачів становить 24–36 м, а продуктивність – 80–150 га за зміну. Використання автоматичного контролю секцій дозволяє зменшити перевитрати робочого розчину на 10–15 %.

Збирання врожаю соняшнику здійснюють зернозбиральними комбайнами із спеціальними соняшниковими жатками. Найбільш поширеними є комбайни CLAAS Lexion 770, John Deere S780, New Holland CR9.90 у комплекті з жатками Fantini, Zaffrani або Sunspeed. Продуктивність сучасних комбайнів становить 20–35 га за добу, а втрати насіння не перевищують 1,5–2 %.

Впровадження енергоощадних технологій при вирощуванні соняшнику дозволяє скоротити загальні витрати пального до 35–50 л/га порівняно з 60–80 л/га при традиційній технології. Крім того, зменшується ущільнення ґрунту, покращується його структура та водно-повітряний режим. Завдяки цьому

врожайність соняшнику підвищується на 0,2–0,5 т/га, а рівень рентабельності виробництва може досягати 50–70 %.

Таким чином, комплекс технологічних операцій при вирощуванні соняшнику за енергоощадних технологій повинен базуватися на мінімізації обробітку ґрунту, використанні високопродуктивної техніки, сучасних систем точного землеробства та раціональному використанні матеріально-енергетичних ресурсів. Це забезпечує підвищення економічної ефективності виробництва та збереження родючості ґрунтів.

2.2 Обґрунтування та розрахунок елементів технології вирощування соняшнику

Ефективність вирощування соняшнику значною мірою залежить від правильного обґрунтування основних елементів технології: вибору попередника, системи обробітку ґрунту, норми висіву, способу сівби, удобрення та системи захисту рослин. Раціональне поєднання цих елементів забезпечує підвищення врожайності культури, зниження енерговитрат та отримання високоякісної продукції.

Вибір попередника. Найкращими попередниками для соняшнику є озима пшениця, зернобобові культури та кукурудза на силос. Вони залишають поле чистим від бур'янів та забезпечують достатні запаси вологи у ґрунті. Не рекомендується висівати соняшник після ріпаку, сої та самого соняшнику через ризик поширення хвороб і виснаження ґрунту.

Повернення соняшнику на попереднє поле повинно відбуватись не раніше ніж через 7–8 років. Частка культури у структурі посівних площ не повинна перевищувати 12–15 %.

Обґрунтування системи обробітку ґрунту. Для умов енергоощадної технології доцільно застосовувати безполицевий обробіток ґрунту із використанням глибокорозпушувачів. Така система забезпечує: збереження рослинних решток на поверхні; накопичення вологи; руйнування плужної

підшви; зменшення витрат пального. Глибина основного обробітку становить 25–35 см.

Розрахунок витрат пального. При традиційній оранці: витрати пального – 22–25 л/га. При чизелюванні: витрати пального – 12–16 л/га.

Економія пального: $E = 25 - 15 = 10$ л/га.

Для площі 500 га економія становитиме: $Q = 10 \cdot 500 = 5000$ л.

Обґрунтування норми висіву. Оптимальна густота стояння рослин залежить від зони вирощування: Степ – 45–55 тис. рослин/га; Лісостеп – 55–65 тис. рослин/га; Полісся – 65–70 тис. рослин/га.

Для умов Лісостепу приймаємо густоту: $N = 60,000$ рослин/га.

Польова схожість насіння – 92 %.

Тоді норма висіву визначається за формулою:

$$H = N \cdot 100 / C$$

де H – норма висіву, насінин/га; N – необхідна густота рослин; C – польова схожість, %.

$$H = 60000 \cdot 100 / 92 = 65217 = 65 \text{ тис. насінин/га.}$$

Розрахунок ширини міжрядь. Для соняшнику оптимальна ширина міжрядь становить 70 см.

Площа живлення однієї рослини: $S = 10000 / 60000 = 0,167 \text{ м}^2$.

Відстань між рослинами у рядку: $a = S / 0,7 = 0,167 / 0,7 = 0,24 \text{ м} = 24 \text{ см.}$

Обґрунтування системи удобрення. Для формування 1 т насіння соняшник виносить: азоту – 40–60 кг; фосфору – 20–30 кг; калію – 100–150 кг.

При плановій урожайності 3 т/га потреба становитиме:

Азот $N = 50 \cdot 3 = 150$ кг/га.

Фосфор $P_2O_5 = 25 \cdot 3 = 75$ кг/га.

Калій $K_2O = 120 \cdot 3 = 360$ кг/га.

$N = 50 \cdot 3$

$P_2O_5 = 25 \cdot 3$

$K_2O = 120 \cdot 3$

№ з/п	Технологічна операція	Агротехнічний строк виконання	Агрегат (марка, модель)	Техніка (трактор, тягач)	Ширина захвату, м	Продуктивність, га/год	Витрати пального, л/га
1	Лущення стерні Подрібнення пожнивних решток, стимулювання проростання бур'янів, збереження вологості.	Після збирання попередника	Дискова борона Lemken Rubin 9	John Deere 8335R (340 к. с.)	6,0	8–10	6–8
2	Основний обробіток ґрунту (глибокорозпушування) Розпушування на глибину 25–35 см, руйнування плужної підшви, накопичення вологості.	Через 2–3 тижні після лущення	Глибокорозпушувач Horsch Terrano FX 5.3	Case IH Magnum 340 (340 к. с.)	5,0	3–5	12–16
3	Передпосівний обробіток Вирівнювання поверхні, розпушування верхнього шару ґрунту, підготовка насінневого ложа.	За 1–2 дні до сівби	Культиватор Lemken Karat 10	Fendt 720 Vario (220 к. с.)	6,0	6–8	4–6
4	Сівба соняшнику Точний висів насіння з заданою нормою та міжряддям.	Квітень – травень (при прогріванні ґрунту до 8–10 °С)	Сівалка точного висіву Väderstad Tempo V 8	John Deere 8R 370 (370 к. с.)	5,6	8–12	3–4
5	Внесення основних добрив Внесення мінеральних добрив під основний обробіток або під сівбу.	Під основний обробіток або перед сівбою	Розкидач добрив Amazone ZA-TS 4200	John Deere 7230 R (230 к. с.)	15–21 (розкидання)	10–20 (розкидання)	1–2
6	Боронування сходів (за потреби) Руйнування ґрунтової кірки, знищення бур'янів у фазі «білої ниточки».	Через 5–7 днів після появи сходів	Борона зубова Einböck Aerostar	MTZ-1221 (130 к. с.)	6,0–12,0	7–10	2–3
7	Обприскування посівів Захист від бур'янів, шкідників та хвороб.	Залежно від фази розвитку культури та потреби	Обприскувач John Deere R4045	John Deere R4045 (280 к. с.)	36,0	80–120	2–3
8	Десикація посівів (за потреби) Прискорення дозрівання, вирівнювання вологості насіння.	За 7–10 днів до збирання	Обприскувач Amazone UX 4200	Fendt 724 Vario (240 к. с.)	24–28	60–80	2–3
9	Збирання врожаю Обмолот насіння, мінімізація втрат.	Серпень – вересень (при вологості насіння 8–10 %)	Комбайн CLAAS Lexion 770	–	7,6 (жатка соняшникова)	20–35	10–12
10	Транспортування та зберігання зерна Перевезення насіння до місця зберігання.	Після збирання	Зерновоз (КАМАЗ-6520)	КАМАЗ-6520 (зерновоз)	–	–	–

Рисунок 2.1 – План механізованих робіт вирощування соняшнику

Обґрунтування вибору техніки. Для енергоощадної технології рекомендується використовувати:

Глибокорозпушування

Horsch Terrano FX

Передпосівний обробіток	Lemken Karat 10
Посів	Väderstad Tempo
Внесення добрив	Amazone ZA-TS
Обприскування	John Deere R4045
Збирання	CLAAS Lexion 770

Розрахунок продуктивності агрегату. Продуктивність машинно-тракторного агрегату визначають за формулою:

$$W = B \cdot V \cdot K / 10$$

де B – ширина захвату, м; V – швидкість руху, км/год; K – коефіцієнт використання часу.

Для глибокорозпушувача: $B = 5$ м; $V = 8$ км/год; $K = 0,8$.

$$W = 5 \cdot 8 \cdot 0,8 / 10 = 3,2 \text{ га/год}$$

Обґрунтування елементів технології вирощування соняшнику дозволяє забезпечити оптимальні умови росту та розвитку культури, знизити енерговитрати та підвищити економічну ефективність виробництва. Використання енергоощадних технологій і сучасної техніки забезпечує економію пального до 25–40 %, підвищення врожайності на 0,2–0,5 т/га та зменшення собівартості продукції.

2.3 Висновки з розділу

У результаті проведеного обґрунтування встановлено, що застосування енергоощадних технологій при вирощуванні соняшнику забезпечує ефективне використання матеріально-технічних ресурсів, зниження енергетичних витрат та підвищення продуктивності культури.

Визначено, що найбільш ефективним є використання безполицевого обробітку ґрунту із застосуванням глибокорозпушувачів, який дозволяє зменшити витрати пального на 25–40 %, покращити водно-повітряний режим ґрунту та зберегти запаси продуктивної вологи.

Обґрунтовано комплекс основних технологічних операцій вирощування соняшнику та підібрано сучасні високопродуктивні машинно-тракторні агрегати для виконання обробітку ґрунту, сівби, внесення добрив, захисту рослин і збирання врожаю.

Розрахунки основних елементів технології показали, що впровадження енергоощадних систем обробітку забезпечує підвищення врожайності соняшнику на 0,2–0,5 т/га, зниження собівартості продукції та підвищення рентабельності виробництва до 50–70 %.

З УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ҐРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТУ

3.1 Обґрунтування розробки агрегату для обробітку ґрунту

Відомо, що однією з найактуальніших проблем сучасного землеробства є поступова деградація ґрунтів, яка особливо помітна на чорноземах України. За останні десятиріччя внаслідок інтенсивного використання земель та недотримання науково обґрунтованих технологій середній вміст гумусу в ґрунтах зменшився на 30–50 %, а потужність гумусного горизонту скоротилась на 10–15 см. Основною причиною цього є застосування традиційних технологій вирощування сільськогосподарських культур, які передбачають багаторазові проходи важких машинно-тракторних агрегатів по полю. Це призводить до руйнування структури ґрунту, ущільнення нижніх шарів, погіршення водно-повітряного режиму та зниження родючості ґрунтів.

Одним із найбільш небезпечних наслідків інтенсивного механічного впливу на ґрунт є його переущільнення. Постійний рух важкої техніки сприяє формуванню ущільнених шарів, які розташовуються не лише в орному, а й у підорному горизонтах. У результаті утворюється плужна підшва, що ускладнює проникнення вологи, повітря та кореневої системи рослин у глибші шари ґрунту. Це негативно впливає на ріст і розвиток соняшнику, особливо в умовах недостатнього зволоження.

Разом із тим повна відмова від механічного обробітку ґрунту є неможливою, оскільки саме обробіток забезпечує створення оптимальних умов для росту рослин, накопичення вологи та боротьби з бур'янами. Тому сучасні технології вирощування соняшнику повинні базуватись на принципах енергоощадного та ґрунтозахисного землеробства, які передбачають мінімізацію механічного впливу на ґрунт та збереження його родючості. Саме з цією метою активно впроваджуються безполіцеві технології обробітку ґрунту, що

дозволяють зменшити енерговитрати та покращити агрофізичні властивості ґрунту.

Традиційна оранка полицевими плугами, незважаючи на широке використання, має низку суттєвих недоліків. Значний тиск лемешів і полиць на ґрунт, який досягає 800–1000 кПа, сприяє утворенню ущільненого шару та руйнуванню структури ґрунту. У процесі оранки щільність окремих ґрунтових агрегатів може збільшуватись у 1,24 раза, а твердість дна борозни — у 1,5–2 рази порівняно з початковим станом. Це призводить до втрати вологи, посилення ерозійних процесів та зменшення вмісту гумусу в орному шарі.

Світова практика доводить, що одним із найефективніших напрямів збереження родючості ґрунтів є впровадження мінімального та безполицевого обробітку ґрунту. Такі технології забезпечують скорочення витрат пального, зменшення кількості проходів техніки по полю та покращення екологічного стану ґрунтів. Однак існуючі безполицеві робочі органи також мають певні недоліки. При збільшенні глибини обробітку спостерігається нерівномірне розпушування ґрунту та підвищення грудкуватості верхнього шару поля, що може негативно впливати на якість підготовки ґрунту під посів соняшнику.

У зв'язку з цим виникає необхідність удосконалення технології безполицевого обробітку ґрунту та створення сучасного комбінованого ґрунтообробного агрегату для вирощування соняшнику. Такий агрегат повинен забезпечувати якісне розпушування ґрунту без перевертання пласта, руйнування ущільнених шарів, подрібнення грудок, часткове загортання рослинних решток та вирівнювання поверхні поля за один прохід. Це дозволить скоротити енерговитрати, зменшити ущільнення ґрунту та підвищити якість передпосівної підготовки ґрунту.

Для вирішення поставлених завдань доцільним є застосування комбінованого ґрунтообробного агрегату, який поєднує чизельний плуг і кільчастий коток. Чизельні робочі органи забезпечують глибоке розпушування ґрунту та руйнування плужної підшви, а кільчастий коток виконує подрібнення грудок, часткове ущільнення нижнього шару та мульчування поверхні поля.

Крім того, такий агрегат сприяє загортанню рослинних решток у ґрунт і створює оптимальні умови для сівби соняшнику за один прохід машинно-тракторного агрегату.

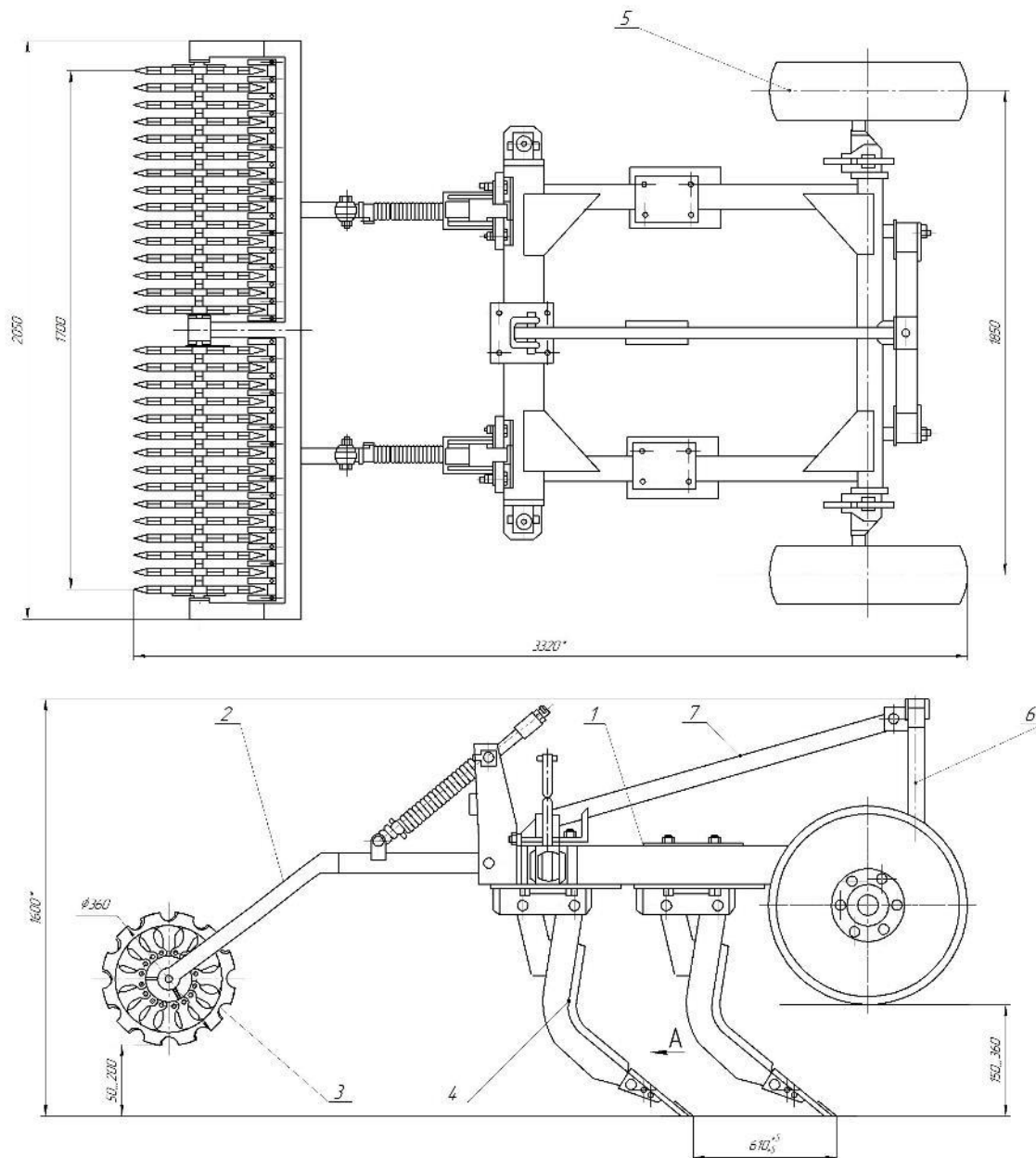


Рисунок 3.1 – Загальна схема ґрунтообробного агрегату

3.2 Розрахунок та обґрунтування параметрів чизельного плуга

Для зменшення ймовірності забивання робочих органів чизельного плуга рослинними рештками доцільно застосувати дворядне розташування лап на рамі

агрегату. Така схема забезпечує вільне проходження ґрунту та пожнивних залишків між робочими органами і сприяє стабільній роботі знаряддя навіть на полях із великою кількістю рослинної маси.

Результати експериментальних досліджень показали, що найменше забивання чизельних плугів спостерігається при використанні стояків із напівкруглим профілем поперечного перерізу. У цьому випадку рослинні рештки легко ковзають по гладкій поверхні стояка під дією тертя з ґрунтом, що запобігає накопиченню рослинної маси на робочих органах. Тому для розроблюваного чизельного агрегату приймається напівкругла форма стояків робочих органів.

Мінімальний тяговий опір чизельного плуга досягається при ширині захвату лапи ($b = 0,05$) м, однак якість розпушування ґрунту в цьому випадку є недостатньою. При збільшенні ширини захвату до ($b = 0,07$) м тяговий опір зростає на 10,9–12,8 %, проте якість рихлення повністю відповідає агротехнічним вимогам. Враховуючи це, для конструкції плуга приймаємо ширину захвату лапи: $b = 0,07$ м.

Для забезпечення достатньої міцності долота та стабільного заглиблення робочих органів у ґрунт передбачено верхнє загострення леза долота. Кут загострення леза приймається в межах $20\text{--}22^\circ$, тому для конструкції вибираємо: $i = 20^\circ$.

Кут різання, який визначає здатність лапи до самозаглиблення у ґрунт, знаходиться в межах $47\text{--}52^\circ$. Кут кришення ґрунту становить $25\text{--}30^\circ$. Для подальших розрахунків приймаємо: $\alpha = 27^\circ$.

Критичну глибину різання визначають за формулою:

$$h_k = \mu_1 \cdot b$$

де $\mu_1 = 5,0$ – коефіцієнт співвідношення критичної глибини до ширини лапи; $b = 0,07$ м – ширина лапи.

Тоді: $h_k = 5 \cdot 0,07 = 0,35$ м.

У результаті багаторазових проходів орних агрегатів на глибині близько 30 см формується плужна підошва, яка обмежує проникнення кореневої системи

соняшнику у нижні шари ґрунту та негативно впливає на врожайність культури. Для руйнування ущільненого шару приймаємо глибину обробітку: $a = 0,36$ м.

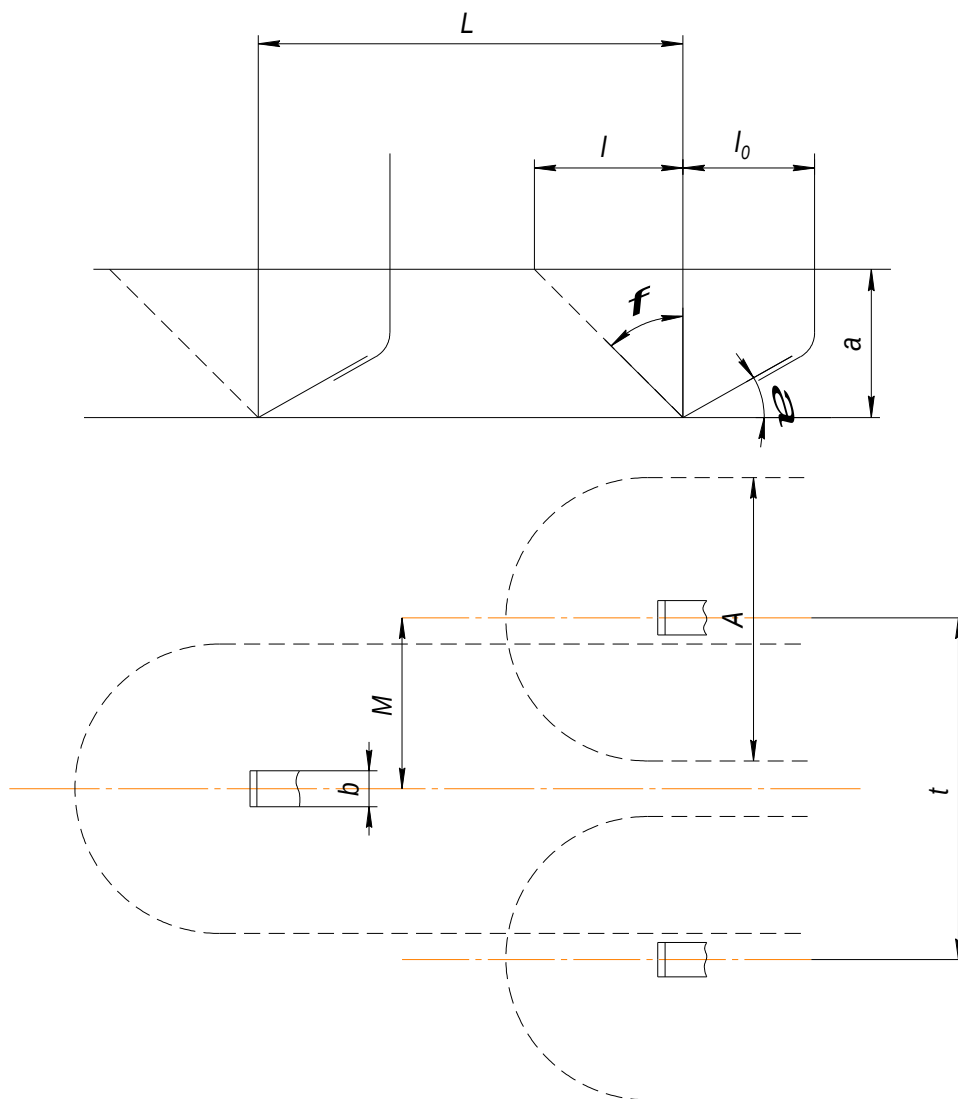


Рисунок 3.2 –Розрахункова схема

Ширину зони деформації ґрунту з боків лапи визначаємо за формулою:

$$A = 2h_k + b$$

$$A = 2 \cdot 0,35 + 0,07 = 0,77 \text{ м}$$

Для забезпечення суцільного рихлення ґрунту та недопущення необроблених смуг необхідно виконати умову: $M < A$, де M – відстань між лапами в ряду.

Приймаємо: $M = 0,55$ м.

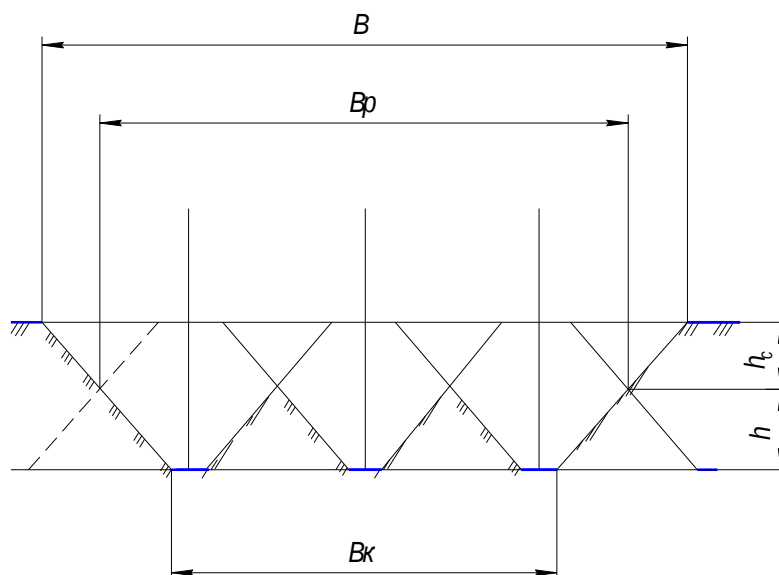


Рисунок 3.3 –Розрахункова схема

Конструктивну ширину захвату чизельного плуга визначаємо за формулою:

$$B_k = (n-1) \cdot M + b$$

де $n = 3$ – кількість лап.

$$B_k = (3-1) \cdot 0,55 + 0,07 = 1,17 \text{ м}$$

Робочу ширину захвату визначаємо:

$$B_p = B_k + M - b$$

$$B_p = 1,17 + 0,55 - 0,07 = 1,70 \text{ м}$$

Ширина розпушеної смуги становить:

$$B = B_k + 2a$$

$$B = 1,17 + 2 \cdot 0,4 = 1,97 \text{ м}$$

Заглиблення робочих органів чизеля у ґрунт відбувається під дією власної маси агрегату. Використання примусового заглиблення є небажаним, оскільки це може призвести до перевантаження та пошкодження конструкції.

Сила, що забезпечує заглиблення плуга, визначається за формулою:

$$G_1 = G \sin \varepsilon$$

де $G = 9,5 \text{ кН}$ – вага плуга; $\varepsilon = 60^\circ$ – кут траєкторії заглиблення.

Робота заглиблення плуга:

$$W = S_1 \cdot G \sin \varepsilon$$

З іншого боку, робота визначається через енергетичні витрати на обробіток:

$$W = k' \cdot a \cdot b \cdot n$$

де $k' = 15 \cdot 10^3$ Дж/м²; $a = 0,4$ м; $b = 0,07$ м; $n = 5$.

Після перетворення отримуємо формулу для визначення довжини шляху заглиблення:

$$S_1 = k' \cdot a \cdot b \cdot n (G \sin \varepsilon)$$

$$S_1 = (15 \cdot 10^3 \cdot 0,4 \cdot 0,07 \cdot 5) / (9,5 \cdot 10^3 \cdot \sin 60^\circ) = 2,2 \text{ м}$$

Довжину проекції шляху заглиблення на напрямок руху визначаємо:

$$S = \sqrt{S_1^2 - a^2}$$

$$S = \sqrt{2,2^2 - 0,4^2} = 2,1 \text{ м}$$

Відстань між носками лап по ходу руху визначається:

$$L = a \tan \frac{(\alpha + \varphi + \rho)}{2} + l_0$$

де $l_0 = 0,4$ м.

$$L = 0,4 \cdot \tan \frac{(27^\circ + 25^\circ + 40^\circ)}{2} + 0,4 = 0,8 \text{ м}$$

Загальна довжина шляху заглиблення плуга:

$$L_1 = L + S$$

$$L_1 = 0,8 + 2,1 = 2,9 \text{ м}$$

Таким чином, обґрунтовані параметри чизельного плуга забезпечують якісне безполицеве розпушування ґрунту, руйнування плужної підшви, зменшення енерговитрат та створення оптимальних умов для вирощування соняшнику за енергоощадною технологією.

3.3 Обґрунтування параметрів циліндричної пружини котка

У розробленій конструкції ґрунтообробного агрегату коток встановлюється з використанням двох циліндричних гвинтових пружин. Для забезпечення надійної та ефективної роботи конструкції необхідно виконати обґрунтування та розрахунок основних параметрів пружини.

Податливість циліндричних пружин значною мірою залежить від їх індексу C . У практиці машинобудування найчастіше використовують пружини з індексом $C=4\ldots 12$. Зі збільшенням індексу підвищується податливість пружини, а також зменшується її жорсткість. Для забезпечення оптимального співвідношення між компактністю конструкції та пружними властивостями у даному випадку приймаємо індекс пружини: $C=5$.

Під час розрахунку пружини на міцність розглядаються силові фактори, які діють у перерізі витка при навантаженні силою P . У будь-якому перерізі витка виникають крутний момент: $T=0,5PD$ та поперечна сила P , які викликають відповідно кручення і зріз витків пружини.

Нехтуючи впливом кута підйому витків, оскільки для більшості пружин стиску і розтягу він не перевищує $10\ldots 12^\circ$, а також напруженнями зрізу від поперечної сили, напруження кручення визначають за формулою:

$$\tau = \frac{8PDK}{\pi d^3}$$

де K – коефіцієнт, що враховує кривизну витків; d – діаметр дроту пружини; D – середній діаметр пружини.

Коефіцієнт кривизни визначають залежно від індексу пружини:

$$K=1+1,4/C$$

При $C=5$:

$$K=1+1,4/5=1,3$$

Умова міцності витків пружини має вигляд:

$$\frac{8PDK}{\pi d^3} \leq [\tau]$$

де $[\tau]$ – допустиме напруження кручення матеріалу пружини.

Необхідний діаметр дроту визначається:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{8PCK}{\pi[\tau]}}$$

Для виготовлення пружини приймається дріт III класу міцності з границею міцності: $\sigma_B=1100$ МПа.

Коефіцієнт довговічності: $K_L=0,4$.

Допустиме напруження кручення: $[\tau]=0,5\sigma_B K_L$.

$$[\tau]=0,5 \cdot 1100 \cdot 0,4=220 \text{ МПа}$$

Після підстановки значень отримуємо діаметр дроту: $d \approx 4,2 \text{ мм}$.

Отримане значення округлюємо до стандартного: $d=5 \text{ мм}$.

Середній діаметр пружини: $D=Cd$.

$$D=5 \cdot 5=25 \text{ мм}$$

Зовнішній діаметр пружини:

$$D_3=D+d$$

$$D_3=25+5=30 \text{ мм}$$

Осьову пружну деформацію пружини визначають за формулою:

$$\lambda = \frac{8PC^3i}{Gd}$$

де i – кількість робочих витків; $G=8 \cdot 10^4 \text{ МПа}$ – модуль пружності при зсуві.

Жорсткість пружини:

$$k = \frac{Gd}{8C^3i}$$

Необхідну кількість робочих витків визначають:

$$i = \frac{Gd\lambda}{8PC^3}$$

При деформації: $\lambda=20 \text{ мм}$ та навантаженні: $P=175 \text{ Н}$, отримуємо: $i \approx 73$.

Розрахункове напруження у витках пружини: $\tau=144,2 \text{ МПа}$, що менше допустимого: $\tau=144,2 < [\tau]=220 \text{ МПа}$.

Отже, умова міцності виконується.

Довжина робочої частини ненавантаженої пружини визначається:

$$H_p = id$$

$$H_p=73 \cdot 5=365 \text{ мм}$$

Повна кількість витків: $i_0=i+2$, $i_0=75$.

Довжина ненавантаженої пружини:

$$H_0 = i_0d + 2h_B$$

$$H_0=75 \cdot 5 + 2 \cdot 30=435 \text{ мм}$$

Довжина пружини при максимальному навантаженні: $H=520,97 \text{ мм}$.

Мінімальний зазор між витками: $\Delta=0,2\lambda/i$, $\Delta=0,05 \text{ мм}$.

Крок витків ненавантаженої пружини:

$$h = \frac{\lambda}{i} + d + \Delta$$

$$h = 5,32 \text{ мм}$$

Кут підйому витків:

$$\alpha = \arctan \frac{h}{\pi D}$$

$$\alpha = 4,03^\circ$$

Таким чином, виконаний розрахунок підтвердив працездатність та міцність циліндричної гвинтової пружини котка. Вибрані параметри забезпечують необхідну пружність, надійність роботи та довговічність конструкції при експлуатації агрегату в умовах енергоощадної технології вирощування соняшнику.

3.4 Висновки з розділу

У результаті проведеного удосконалення конструкції ґрунтообробного агрегату обґрунтовано застосування комбінованого чизельного знаряддя з котком для енергоощадного обробітку ґрунту при вирощуванні соняшнику. Визначено основні конструктивні та технологічні параметри чизельного плуга, які забезпечують якісне розпушування ґрунту, руйнування плужної підшви та зменшення енерговитрат.

Виконані розрахунки параметрів робочих органів і циліндричної гвинтової пружини котка підтвердили міцність, надійність та працездатність конструкції. Запропонований агрегат забезпечує покращення водно-повітряного режиму ґрунту, збереження вологи, зменшення ущільнення та підвищення якості передпосівного обробітку.

Отже, удосконалена конструкція ґрунтообробного агрегату сприяє підвищенню ефективності енергоощадної технології вирощування соняшнику та зниженню собівартості виконання технологічних операцій.

4 РОЗРОБКА ОПЕРАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ

Робота машинно-тракторного агрегату під час виконання обробітку ґрунту має циклічний характер і складається з робочих проходів та поворотів агрегату для зміни напрямку руху. Крім цього, у процесі роботи виконуються допоміжні переїзди між загінками.

При виконанні чизельного обробітку ґрунту найчастіше застосовують човниковий спосіб руху агрегату. Для такого способу характерне чергування робочих проходів довжиною (L_p) і холостих поворотів довжиною (L_x) із розворотом агрегату на (180°).

Для розрахунку основних технологічних показників приймаємо такі вихідні дані: площа поля – 60 га; довжина гону – 900 м; ухил місцевості – (2°); фон – поле після збирання зернових культур.

Мінімальну ширину поворотної смуги визначаємо за формулою:

$$E_{\min}=3R+e$$

де R – радіус повороту агрегату, м; e – відстань, на яку агрегат необхідно змістити від контрольної лінії поворотної смуги для якісного виконання технологічного процесу.

Для навісних агрегатів із заднім розташуванням машини величину (e) визначають:

$$e=0,5l_k$$

Кінематична довжина агрегату:

$$l_k=l_t+l_m$$

де l_t – кінематична довжина трактора; l_m – кінематична довжина чизельного плуга.

Для розробленого агрегату: $l_k=2,2+3,5=5,7$ м.

Тоді: $e=0,5 \cdot 5,7=2,85$ м.

Радіус повороту агрегату визначаємо: $R_0=3B_k$, де B_k – конструктивна ширина захвату чизельного плуга.

$$R_0=3 \cdot 1,7=5,1 \text{ м}$$

Мінімальна ширина поворотної смуги:

$$E_{\min}=3 \cdot 5,1+2,85=18,15 \text{ м}$$

Для забезпечення кратності ширині захвату агрегату приймаємо фактичну ширину поворотної смуги: $E=1,7 \cdot 11=18,7 \text{ м}$.

Довжину робочого проходу агрегату визначаємо: $L_p=L-2E$.

$$L_p=900-2 \cdot 18,7=863 \text{ м}.$$

Довжину холостого ходу при петльовому повороті визначаємо за формулою: $L_x=7R_0+2e$

$$L_x=7 \cdot 5,1+2 \cdot 2,85=41,4 \text{ м}$$

Ефективність використання робочого часу агрегату характеризується коефіцієнтом робочих ходів:

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p+L_x}$$

$$\varphi = \frac{863}{863+41,4} = 0,96$$

Коефіцієнт поворотів визначається:

$$\tau_{\text{пов}} = \frac{1-\varphi}{\varphi}$$

$$\tau_{\text{пов}} = \frac{1-0,96}{0,96} = 0,04$$

Одним із головних техніко-економічних показників роботи агрегату є продуктивність. Технічну продуктивність за годину визначаємо:

$$W_{\text{год}} = 0,1 B_k V_p \tau$$

де $V_p=10 \text{ км/год}$ – робоча швидкість агрегату; $\tau=0,8$ – коефіцієнт використання часу зміни.

$$W_{\text{год}}=0,1 \cdot 1,7 \cdot 10 \cdot 0,8=1,3 \text{ га/год}$$

За тривалості зміни 7 годин змінна продуктивність агрегату становитиме:

$$W_{\text{зм}}=1,3 \cdot 7=9,1 \text{ га/зм}$$

Важливим показником ефективності роботи агрегату є витрати палива на 1 га.

№ з/п	Технологічна операція	Агротехнічний строк виконання	Агрегат (марка, модель)	Техніка (трактор, тягач)	Ширина захвату, м	Продуктивність, га/год	Витрати пального, л/га
1	Лущення стерні Подрібнення пожнивних решток, стимулювання проростання бур'янів, збереження вологи. 	Після збирання попередника	Дискова борона Lemken Rubin 9 	John Deere 8335R (340 к. с.) 	6,0	8–10	6–8
2	Основний обробіток ґрунту (глибокорозпушування) Розпушування на глибину 25–35 см, руйнування плужної підшови, накопичення вологи. 	Через 2–3 тижні після лущення	Глибокорозпушувач Horsch Terrano FX 5.3 	Case IH Magnum 340 (340 к. с.) 	5,0	3–5	12–16
3	Передпосівний обробіток Вирівнювання поверхні, розпушування верхнього шару ґрунту, підготовка насіннєвого ложа. 	За 1–2 дні до сівби	Культиватор Lemken Karat 10 	Fendt 720 Vario (220 к. с.) 	6,0	6–8	4–6
4	Сівба соняшнику Точний висів насіння з заданою нормою та міжряддям. 	Квітень – травень (при прогріванні ґрунту до 8–10 °C)	Сівалка точного висіву Väderstad Tempo V 8 	John Deere 8R 370 (370 к. с.) 	5,6	8–12	3–4
5	Внесення основних добрив Внесення мінеральних добрив під основний обробіток або під сівбу. 	Під основний обробіток або перед сівбою	Розкидач добрив Amazone ZA-TS 4200 	John Deere 7230 R (230 к. с.) 	15–21 (розкидання)	10–20 (розкидання)	1–2
6	Боронування сходів (за потреби) Руйнування ґрунтової кірки, знищення бур'янів у фазі «білої ниточки». 	Через 5–7 днів після появи сходів	Борона зубова Einböck Aerostar 	MTZ-1221 (130 к. с.) 	6,0–12,0	7–10	2–3
7	Обприскування посівів Захист від бур'янів, шкідників та хвороб. 	Залежно від фази розвитку культури та потреби	Обприскувач John Deere R4045 	John Deere R4045 (280 к. с.) 	36,0	80–120	2–3
8	Десикація посівів (за потреби) Прискорення досягання, вирівнювання вологості насіння. 	За 7–10 днів до збирання	Обприскувач Amazone UX 4200 	Fendt 724 Vario (240 к. с.) 	24–28	60–80	2–3
9	Збирання врожаю Обмолот насіння, мінімізація втрат. 	Серпень – вересень (при вологості насіння 8–10 %)	Комбайн CLAAS Lexion 770 	–	7,6 (жатка соняшникова)	20–35	10–12

Рисунок 4.2 – Операційно-технологічна карта обробітку соняшнику

Питомі витрати пального визначаються:

$$g_{\text{га}} = \frac{G_n K_t}{W_{\text{год}}}$$

де $G_n=17$ кг/год – годинна витрата пального двигуном; $K_t=0,92$ – коефіцієнт, що враховує неповне навантаження двигуна під час поворотів і переїздів.

$$g_{\text{га}} = \frac{17 \cdot 0,92}{1,3} = 12 \text{ кг/га}$$

або $g_{\text{га}}=14,5$ л/га.

У результаті проведених розрахунків визначено основні технологічні показники роботи агрегату при чизельному обробітку ґрунту. Встановлено параметри поворотної смуги, довжину робочих і холостих ходів, коефіцієнти використання часу, продуктивність та питомі витрати пального. Отримані результати підтверджують ефективність використання розробленого чизельного агрегату для енергоощадного обробітку ґрунту при вирощуванні соняшнику.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Під час виконання технологічних операцій з обробітку ґрунту при вирощуванні соняшнику важливе значення має забезпечення безпечних умов праці механізаторів, а також мінімізація негативного впливу на навколишнє середовище. Виконання робіт із використанням сучасних машинно-тракторних агрегатів супроводжується дією небезпечних і шкідливих виробничих факторів, до яких належать рухомі частини машин, підвищений рівень шуму та вібрації, запиленість повітря робочої зони, вихлопні гази двигунів внутрішнього згоряння, а також несприятливі метеорологічні умови.

До виконання механізованих робіт допускаються особи не молодші 18 років, які пройшли медичний огляд, вступний та первинний інструктаж з охорони праці, а також мають посвідчення на право керування трактором відповідної категорії. Перед початком роботи механізатор повинен перевірити технічний стан трактора та ґрунтообробного агрегату, справність гальмівної системи, рульового керування, освітлення, гідросистеми, наявність захисних кожухів і пристроїв.

Особливу увагу необхідно приділяти надійності з'єднання трактора з чизельним плугом або комбінованим агрегатом. Перед початком руху необхідно переконатися у відсутності сторонніх осіб у зоні роботи агрегату. Забороняється перебування людей поблизу робочих органів під час руху агрегату, а також очищення чи регулювання робочих органів при працюючому двигуні трактора.

Під час виконання чизельного обробітку ґрунту робочі органи агрегату працюють на глибині 30–40 см і створюють значний тяговий опір, тому важливе значення має дотримання допустимих швидкісних режимів роботи. Робоча швидкість агрегату не повинна перевищувати 10–12 км/год, що забезпечує безпечну експлуатацію техніки та якісний обробіток ґрунту.

Під час роботи механізатор повинен використовувати засоби індивідуального захисту: спецодяг, захисне взуття, рукавиці та за необхідності

засоби захисту органів слуху і дихання. У спекотний період року необхідно дотримуватись режиму праці та відпочинку, забезпечувати працівників питною водою та уникати перегрівання організму.

Технічне обслуговування та ремонт машин дозволяється виконувати лише після повної зупинки двигуна та опускання робочих органів агрегату на поверхню ґрунту. При проведенні ремонтних робіт необхідно використовувати справний інструмент та дотримуватись правил пожежної безпеки. Забороняється виконувати ремонт під агрегатом без встановлення надійних упорів.

Важливим елементом охорони праці є забезпечення пожежної безпеки під час польових робіт. Трактори та самохідні машини повинні бути оснащені вогнегасниками, а вихлопні системи – іскрогасниками. Забороняється заправляти паливом техніку при працюючому двигуні або палити поблизу місць зберігання паливно-мастильних матеріалів.

Під час виконання ґрунтообробних операцій необхідно також враховувати вимоги охорони навколишнього середовища. Інтенсивний механічний обробіток ґрунту може призводити до розвитку водної та вітрової ерозії, руйнування структури ґрунту та зниження його родючості. Саме тому при вирощуванні соняшнику доцільно застосовувати енергоощадні та ґрунтозахисні технології, зокрема безполіцевий обробіток ґрунту.

Використання чизельних плугів і комбінованих агрегатів дозволяє зменшити ущільнення ґрунту, зберегти рослинні рештки на поверхні поля та покращити накопичення вологи. Завдяки цьому зменшуються втрати ґрунту від ерозії та підвищується його біологічна активність. Крім того, скорочення кількості проходів техніки по полю забезпечує зниження витрат пального на 25–40 % та зменшення викидів шкідливих речовин у атмосферу.

Для запобігання забрудненню навколишнього середовища паливно-мастильними матеріалами заправку та технічне обслуговування машин необхідно проводити на спеціально обладнаних майданчиках. Не допускається витік пального, мастил та гідравлічних рідин на поверхню ґрунту. Відпрацьовані

мастила та інші небезпечні відходи повинні збиратися у спеціальні ємності та передаватися на утилізацію.

Особливе значення має збереження родючості ґрунтів. Для цього необхідно дотримуватись науково обґрунтованих сівозмін, уникати надмірного ущільнення ґрунту та виконувати обробіток лише при оптимальній вологості. Важливим заходом є також залишення частини рослинних решток на поверхні поля, що сприяє захисту ґрунту від ерозії та збереженню вологи.

Таким чином, дотримання вимог охорони праці під час обробітку ґрунту забезпечує безпечні умови роботи механізаторів, попередження виробничого травматизму та підвищення ефективності виконання технологічних операцій. Одночасно впровадження енергоощадних і ґрунтозахисних технологій сприяє збереженню родючості ґрунтів, зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище та забезпеченню екологічної безпеки аграрного виробництва.

6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ УДОСКОНАЛЕНОГО ГРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТУ

Ефективність використання сучасних енергоощадних технологій при вирощуванні соняшнику значною мірою залежить від технічного рівня застосовуваних ґрунтообробних агрегатів. Використання комбінованих чизельних агрегатів дозволяє зменшити кількість проходів техніки по полю, знизити витрати паливно-мастильних матеріалів, покращити якість обробітку ґрунту та зменшити собівартість виробництва продукції.

Для техніко-економічного обґрунтування проведено порівняння розробленого ґрунтообробного агрегату з існуючим аналогом — чизельним плугом ПЧ-2,5. Розроблений агрегат є дещо дорожчим у виробництві, однак забезпечує менші енерговитрати та вищу продуктивність завдяки поєднанню операцій глибокого розпушування і прикочування за один прохід.

Вихідні дані для розрахунку приймаємо відповідно до операційно-технологічної карти:

- площа обробітку – 600 га;
- робоча ширина захвату розробленого агрегату – 1,7 м;
- робоча швидкість – 10 км/год;
- продуктивність агрегату – 1,3 га/год;
- витрати пального для існуючого агрегату – 18 л/га;
- витрати пального для розробленого агрегату – 14,5 л/га;
- тривалість зміни – 7 годин;
- ціна дизельного пального – 89 грн/л.

Вартість існуючого чизельного плуга ПЧ-2,5 з котком становить орієнтовно 420 тис. грн, тоді як вартість розробленого комбінованого агрегату становить 510 тис. грн. Додаткові капіталовкладення при впровадженні нового агрегату складають:

$$\Delta K = 510000 - 420000 = 90000 \text{ грн}$$

Одним із основних показників ефективності роботи агрегату є продуктивність. Згідно з проведеними розрахунками продуктивність розробленого агрегату становить: $W = 1,3$ га/год.

Тоді затрати часу на виконання обробітку площі 600 га будуть дорівнювати: $T = 600 / 1,3 = 461,5$ год.

Для існуючого агрегату продуктивність становить 1,1 га/год, тому затрати часу складають: $T_a = 600 / 1,1 = 545,4$ год.

Таким чином, використання розробленого агрегату дозволяє скоротити трудові витрати на: $\Delta T = 545,4 - 461,5 = 83,9$ год.

При погодинній оплаті праці механізатора 220 грн/год річна економія витрат на оплату праці становитиме: $E_{оп} = 83,9 \cdot 220 = 18458$ грн.

Значну частину експлуатаційних витрат становлять витрати на паливно-мастильні матеріали. Для існуючого агрегату річні витрати пального визначаються: $G_a = 18 \cdot 600 = 10800$ л.

Для розробленого агрегату: $G_p = 14,5 \cdot 600 = 8700$ л.

Річна економія дизельного пального становить: $\Delta G = 10800 - 8700 = 2100$ л

У грошовому вираженні економія складе: $E_{пал} = 2100 \cdot 89 = 186900$ грн.

Одночасно зменшуються витрати мастильних матеріалів, які приймаються у розмірі 8 % від вартості дизельного пального. Тоді економія на мастильних матеріалах становитиме: $E_m = 186900 \cdot 0,08 = 14952$ грн.

Важливою складовою експлуатаційних витрат є амортизаційні відрахування. Для сільськогосподарської техніки річну норму амортизації приймаємо 10 %.

Амортизаційні витрати для існуючого агрегату: $A_a = 420000 \cdot 0,1 = 42000$ грн.

Для розробленого агрегату: $A_p = 510000 \cdot 0,1 = 51000$ грн.

Додаткові амортизаційні витрати складають: $\Delta A = 9000$ грн.

Витрати на технічне обслуговування та ремонт приймаємо на рівні 7 % від балансової вартості машин.

Для існуючого агрегату: $TO_a = 420000 \cdot 0,07 = 29400$ грн.

Для розробленого агрегату: $ТО_p = 510000 \cdot 0,07 = 35700$ грн.

Додаткові витрати на технічне обслуговування становлять: $\Delta TO = 6300$ грн.

Сумарний річний економічний ефект визначається як різниця між отриманою економією та додатковими експлуатаційними витратами:

$$E = E_{\text{пал}} + E_{\text{м}} + E_{\text{оп}} - \Delta A - \Delta TO$$

$$E = 186900 + 14952 + 18458 - 9000 - 6300 = 205010 \text{ грн.}$$

Отже, річний економічний ефект від впровадження розробленого ґрунтообробного агрегату становить понад 205 тис. грн.

Строк окупності додаткових капіталовкладень визначаємо:

$$T_{\text{ок}} = \Delta K / E = 90000 / 205010 = 0,44 \text{ року.}$$

тобто менше одного року експлуатації.

Таблиця 6.1 – Порівняльна техніко-економічна таблиця

Показник	Існуючий агрегат	Розроблений агрегат
Вартість агрегату, грн	420 000	510 000
Продуктивність, га/год	1,1	1,3
Витрати пального, л/га	18,0	14,5
Річні витрати пального, л	10 800	8 700
Витрати на пальне, грн	961 200	774 300
Трудові витрати, год	545,4	461,5
Витрати на оплату праці, грн	119 988	101 530
Амортизація, грн	42 000	51 000
ТО і ремонт, грн	29 400	35 700
Річний економічний ефект, грн	—	205 010
Строк окупності, років	—	0,44

Крім економічного ефекту, використання розробленого агрегату забезпечує також технологічні та екологічні переваги. Завдяки зменшенню кількості проходів техніки по полю знижується ущільнення ґрунту, покращується його структура та водно-повітряний режим. Безполицевий обробіток сприяє збереженню рослинних решток на поверхні поля, що зменшує ерозійні процеси та втрати вологи.

Скорочення витрат пального на 3,5 л/га забезпечує також зменшення викидів вуглекислого газу в атмосферу. При річній економії 2100 л дизельного пального обсяг скорочення викидів CO₂ становитиме близько 5,5 т за рік.

Таким чином, впровадження розробленого ґрунтообробного агрегату є економічно доцільним та забезпечує суттєве зниження експлуатаційних витрат при вирощуванні соняшнику за енергоощадною технологією.

ВИСНОВКИ

1. Соняшник є однією з основних олійних культур України та має важливе економічне значення. Зростання посівних площ і врожайності культури потребує впровадження сучасних енергоощадних технологій. Встановлено, що безполицевий обробіток ґрунту з використанням глибокорозпушувачів дозволяє зменшити витрати пального на 25–40 %, покращити водно-повітряний режим ґрунту, зберегти вологу та підвищити врожайність соняшнику на 0,2–0,5 т/га. Отже, застосування енергоощадних технологій сприяє підвищенню ефективності вирощування соняшнику, зниженню собівартості продукції та збереженню родючості ґрунтів.

2. У результаті проведеного обґрунтування встановлено, що застосування енергоощадних технологій при вирощуванні соняшнику забезпечує ефективне використання матеріально-технічних ресурсів, зниження енергетичних витрат та підвищення продуктивності культури. Визначено, що найбільш ефективним є використання безполицевого обробітку ґрунту із застосуванням глибокорозпушувачів, який дозволяє зменшити витрати пального на 25–40 %, покращити водно-повітряний режим ґрунту та зберегти запаси продуктивної вологи. Обґрунтовано комплекс основних технологічних операцій вирощування соняшнику та підібрано сучасні високопродуктивні машинно-тракторні агрегати для виконання обробітку ґрунту, сівби, внесення добрив, захисту рослин і збирання врожаю. Розрахунки основних елементів технології показали, що впровадження енергоощадних систем обробітку забезпечує підвищення врожайності соняшнику на 0,2–0,5 т/га, зниження собівартості продукції та підвищення рентабельності виробництва до 50–70 %.

3. У результаті проведеного удосконалення конструкції ґрунтообробного агрегату обґрунтовано застосування комбінованого чизельного знаряддя з котком для енергоощадного обробітку ґрунту при вирощуванні соняшнику. Визначено основні конструктивні та технологічні параметри чизельного плуга, які забезпечують якісне розпушування ґрунту, руйнування плужної підшви та

зменшення енерговитрат. Виконані розрахунки параметрів робочих органів і циліндричної гвинтової пружини котка підтвердили міцність, надійність та працездатність конструкції. Запропонований агрегат забезпечує покращення водно-повітряного режиму ґрунту, збереження вологи, зменшення ущільнення та підвищення якості передпосівного обробітку.

4. У результаті проведених розрахунків визначено основні технологічні показники роботи агрегату при чизельному обробітку ґрунту. Встановлено параметри поворотної смуги, довжину робочих і холостих ходів, коефіцієнти використання часу, продуктивність та питомі витрати пального. Отримані результати підтверджують ефективність використання розробленого чизельного агрегату для енергоощадного обробітку ґрунту при вирощуванні соняшнику.

5. Дотримання вимог охорони праці під час обробітку ґрунту забезпечує безпечні умови роботи механізаторів, попередження виробничого травматизму та підвищення ефективності виконання технологічних операцій. Одночасно впровадження енергоощадних і ґрунтозахисних технологій сприяє збереженню родючості ґрунтів, зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище та забезпеченню екологічної безпеки аграрного виробництва.

6. Використання розробленого агрегату забезпечує також технологічні та екологічні переваги. Завдяки зменшенню кількості проходів техніки по полю знижується ущільнення ґрунту, покращується його структура та водно-повітряний режим. Безполіцевий обробіток сприяє збереженню рослинних решток на поверхні поля, що зменшує ерозійні процеси та втрати вологи. Скорочення витрат пального на 3,5 л/га забезпечує також зменшення викидів вуглекислого газу в атмосферу. При річній економії 2100 л дизельного пального обсяг скорочення викидів CO₂ становитиме близько 5,5 т за рік. Таким чином, впровадження розробленого ґрунтообробного агрегату є економічно доцільним та забезпечує суттєве зниження експлуатаційних витрат при вирощуванні соняшнику за енергоощадною технологією.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Буяновський А. О., Тортник М. Й. Структурно-агрегатний склад чорноземів звичайних Тарутинського степу за різних умов їх використання. Таврійський науковий вісник. 2021. № 122. С. 3–10.
2. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Любич В. В., Бойко В. П. Засвоєння основних елементів живлення з ґрунту й мінеральних добрив пшеницею озимою на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2020. Вип. 3(107). С. 35–44.
3. Гуменюк Г. Б., Хоменчук В. О., Зінковська Н. Г., Москалюк Н. В. Порівняльна характеристика вмісту кальцію та ступеня кислотності у ґрунтах Тернопільської області. Наукові записки ТНПУ. Біологія. 2019. № 4(78).
4. Дегтярьов В. В., Дегтярьов Ю. В., Рєзнік С. В. Сезонна динаміка електропровідності чорнозему типового за умов різних систем землеробства. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2020. № 1. С. 11–16.
5. Деменко В. М., Голінач О. Л., Власенко В. А. Фітосанітарний стан посівів соняшнику в умовах північно-східного Лісостепу України. Вісник Сумського НАУ. Агрономія і біологія. 2019. Вип. 4(38). С. 3–7.
6. Дідушок М. В., Топольний Ф. П. Продуктивність посівів соняшнику залежно від попередника та обробітку ґрунту в Степу України. Досягнення і перспективи галузі виробництва, переробки та зберігання сільськогосподарської продукції. 2020. С. 28–31.
7. Домарацький Є. О., Козлова О. П. Шляхи оптимізації водоспоживання соняшника високоолеїнового типу за умов зміни клімату. The Ukrainian Farmer. 2020. С. 57–58.
8. Каленська С. М., Горбатюк Е. М., Гарбар Л. О. Вплив погодних чинників на ріст та розвиток гібридів соняшнику. Рослинництво та ґрунтознавство. 2019. № 10(2). С. 5–12.

9. Круглов О. В., Коляда В. П., Ачасова А. О. До питання дослідження інформаційного забезпечення створення сталих агроландшафтів. Людина та довкілля. Проблеми неоекології. 2020. Вип. 34. С. 184–193.
10. Мандибура Н. М., Рожа В. В. Нове місце соняшнику в сівозмінах як альтернатива класичним технологіям. Охорона ґрунтів. 2020. С. 181–185.
11. Нікітенко О. В., Поляков О. І., Літошко С. В. Оптимальні регламенти вирощування – запорука високої продуктивності соняшнику. Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2021. № 31. С. 72–87.
12. Орлов О. Вирощування соняшнику на ґрунтах із різним рівнем рН. Агроном. 2023.
13. Талавири М., Полухович В., Берча О. Експорт соняшникової олії в Україні та світі. Євроінтеграція України та економічна безпека держави. 2022. Вип. 1(28). С. 142–149.
14. Тараріко Ю., Кудря С., Лукашук В. Вплив змінних гідротермічних умов на поживний режим чорнозему типового та ефективність побічної продукції як добрива. Вісник аграрної науки. 2021. № 8(821). С. 64–72.
15. Теслюк Г. В., Алієв Е. Б., Золотовська О. В. Обґрунтування форми пазуреподібного прутка ґрунтообробного агрегату для передпосівного обробітку. Сільськогосподарські машини. 2024. № 50. С. 7–17. DOI: 10.36910/asr.vi50.1313.
16. Трус О. М., Прокопенко Е. В., Поліщук Т. В. Біологічна активність ґрунту, її значення для родючості ґрунту і живлення рослин. Вісник КрНУ імені М. Остроградського. 2021. Вип. 5(130). С. 36–41.
17. Цилюрик О. І., Шевченко С. М., Гончар Н. В., Шевченко О. М., Деревенець-Шевченко К. А., Швець Н. В. Біологічна активність ґрунту короткоротаційної сівозміни за максимального насичення соняшником. Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2021. № 30. С. 105–115.

18. Шевченко М. В. Наукові основи систем обробітку ґрунту в умовах нестійкого та недостатнього зволоження : монографія. Харків : Майдан, 2019. 210 с.
19. Шевченко М. В., Куцегуб Г. О., Мозговий Р. С. Вплив позакореневого підживлення на біометричні показники і врожайність соняшнику. Вісник ХНАУ. 2019. № 2. С. 145–151.
20. Як війна змінила географію вирощування соняшнику в Україні. AgroTimes. 2023.
21. Алієв Е. Б., Теслюк Г. В. Перспективи чисельного моделювання взаємодії ґрунтообробних робочих органів із ґрунтом у Simcenter STAR-CCM+. Олійні культури: сьогодення та перспективи : збірник тез Міжнародної наукової інтернет-конференції (21 березня 2023 р.). Запоріжжя : ІОК НААН, 2023. С. 120–121.
22. Алієв Е. Б., Теслюк Г. В., Белка О. В., Пацула О. М. Чисельне моделювання процесу роботи ґрунтообробного модуля для передпосівного обробітку ґрунту. Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2023. № 34. С. 132–145. DOI: 10.36710/ІОС-2023-34-12.

ДОДАТКИ

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

Ефективність впровадження енергоощадних технологій при вирощуванні соняшнику

Демонстраційний матеріал до дипломного проєкту освітнього ступеня «Бакалавр»

Виконав: студент 3 курсу, групи АІС-1-23 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»
Копиця Едуард Андрійович

Керівник: Д.Т.Н., проф.
Кабат Олег Станіславович

Дніпро, 2026

№ з/п	Технологічна операція	Агротехнічний строк виконання	Агрегат (марка, модель)	Техніка (трактор, тягач)	Ширина захвату, м	Продуктивність, га/год	Витрати пального, л/га
1	 Лущення стерні Подрібнення пожнивних решток, стимулювання проростання бур'янів, збереження вологи.	Після збирання попередника	Дискова борона Lemken Rubin 9	John Deere 8335R (340 к. с.) 	6,0	8–10	6–8
2	 Основний обробіток ґрунту (глибокорозпушування) Розпушування на глибину 25–35 см, руйнування плужної підшви, накопичення вологи.	Через 2–3 тижні після лущення	Глибокорозпушувач Horsch Terrano FX 5.3	Case IH Magnum 340 (340 к. с.) 	5,0	3–5	12–16
3	 Передпосівний обробіток Вирівнювання поверхні, розпушування верхнього шару ґрунту, підготовка насіннєвого ложа.	За 1–2 дні до сівби	Культиватор Lemken Karat 10	Fendt 720 Vario (220 к. с.) 	6,0	6–8	4–6
4	 Сіва соняшнику Точний висів насіння з заданою нормою та міжряддям.	Квітень – травень (при прогріванні ґрунту до 8–10 °C)	Сівалка точного висіву Väderstad Tempo V 8	John Deere 8R 370 (370 к. с.) 	5,6	8–12	3–4
5	 Внесення основних добрив Внесення мінеральних добрив під основний обробіток або перед сівою.	Під основний обробіток або перед сівою	Розкидач добрив Amazone ZA-TS 4200	John Deere 7230 R (230 к. с.) 	15–21 (розкидання)	10–20 (розкидання)	1–2
6	 Боронування сходів (за потреби) Руйнування ґрунтової кірки, знищення бур'янів у фазі «білої ніточки».	Через 5–7 днів після появи сходів	Борона зубова Einbock AeroStar	MT3-1221 (130 к. с.) 	6,0–12,0	7–10	2–3
7	 Обприскування посівів Захист від бур'янів, шкідників та хвороб.	Залежно від фаз розвитку культури та потреби	Обприскувач John Deere R4045	John Deere R4045 (280 к. с.) 	36,0	80–120	2–3
8	 Десикація посівів (за потреби) Прискорення дозрівання, вирівнювання вологості насіння.	За 7–10 днів до збирання	Обприскувач Amazone UX 4200	Fendt 724 Vario (240 к. с.) 	24–28	60–80	2–3
9	 Збирання врожаю Обмолот насіння, мінімізація втрат.	Серпень – вересень (при вологості насіння 8–10 %)	Комбайн CLAAS Lexion 770	–	7,6 (жатка соняшникова)	20–35	10–12

ОПЕРАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА
на безпосередній обробі ґрунту під посів соняшнику
(чисельний обробіток)

Культура:	Соняшник
Попередник:	Зернові колосові
Площа поля:	60 га

Агрегат:	Трактор + чизельный плуг з котком
Трактор:	MT3-1221
Ширина захвата агрегату:	1,7 м
Рабочая швидкість:	10 км/год

Оптимальний строк виконання:
після збирання попередника

Призначення операції:
розпушування ґрунту, руй-

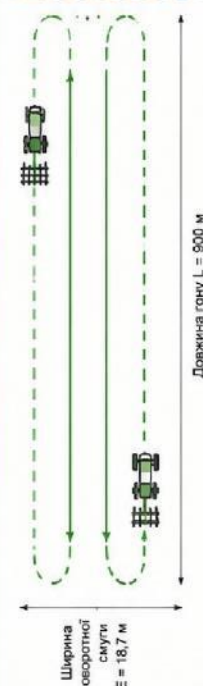
Призначення операції:
розпушування ґрунту, руйнування плужної підшви,
подрібнення та зосібка рослинних решток



Мета:
створення сприятливих умов для росту кореневої системи,
збереження вологості, зменшення ущільнення ґрунту

№ з/п	Назва операції	Зміст операції	Агрегат (склад)	Режим роботи		Показники якості		Витрати палива, л/га	Погодні умови
				Глибина обробки, см	Швидкість, км/год	Критерій	Допустиме відхилення		
1	 Лушення стерні (за потреби)	Подрібнення стерні та рослинних решток, провокація сходів бур'янів	Трактор МТЗ-1221 + дискова борона БДН-2,4	6–8	8–10	Подрібнення стерні до 5–10 см	±2 см	3,5–4,0	Сухо або зволожено
2	 Чизельний обробіток	Розпушування ґрунту без обертання пласта, руйнування плужної підшви	Трактор МТЗ-1221 + чизельний плуг ПЧ-2,5	30–36	9–11	Рівномірна глибина, відсутність грудок > 5 см	±2 см	10,0–11,5	Оптимально при вологості ґрунту 60–80 % НВ
3	 Прикочування котком	Подрібнення грудок, вирівнювання поверхні, ущільнення нижнього шару, збереження вологоти	Кільчастий коток (в складі агрегату)	–	9–11	Вирівняна поверхня, ущільнений шар на гли. 3–5 см	–	1,0–1,5	Сухо або помірно волого
4	 Боронування (за потреби)	Закриття вологи, вирівнювання поверхні, подрібнення грудок	Трактор МТЗ-1221 + зубова борона БЗСС-1,0	3–5	8–10	Рівномірне закриття вологи	±1 см	1,0–1,2	Сухо або помірно волого

СХЕМА РУХУ АГРЕГАТУ (ЧОВНИКОВИЙ СПОСІБ)



ОСНОВНІ РОЗРАУЧКОВІ ПОКАЗНИКИ

Ширина закладу агрегату (B _а)	1,7 м
Ширина поворотної смуги (E)	18,7 м
Довжина робочого ходу (L _р)	853 м
Довжина холостого ходу (L _х)	41,4 м
Коефіцієнт робочих ходів (φ)	0,96
Технічна продуктивність за годину	1,3 га/год
Продуктивність за зміну (7 год)	9,1 га/зм
Питома витрата палива	12 кг/га (14,5 м³/га)

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

	Робочий хід
	Холопний хід (поворот)
	Контрольна лінія (край поля)
	Трактор
	Агрегат ("чизельний плуг з котком")

КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ



- Рівномірна глибина обробітку по всьому полю
- Відсутність необроблених смуг та огріхів
- Розпушений шар без плужної підшви

ВИМОГИ ДО ЯКОСТІ ОБРОБІТКУ

- ✓ Глибина обробітку: 30–36 см
- ✓ Грудкуватість фракції > 5 см не більше 20 %
- ✓ Наявність рослинних решток у шарі 0–10 см – не менше 60 %
- ✓ Поверхня поля вирівняна, без великих грудок і гребенів

ПРИМІТКИ



- Дотримуватися агротехнічних строків виконання операції.
- Робочу швидкість обирати залежно від вологості ґрунту та стану поля.
- Забезпечити справність агрегату та рівномірне завантаження робочих органів.

8070900000000000

[illegible]

