

Механіко-технологічний факультет

« » 2026p.

(ім'я, прізвище)

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко – технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технічного сервісу та інженерного
менеджменту імені М.П. Момотенка

Д.Т.Н., проф. Іван РОГОВСЬКИЙ
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)

« ____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Бугайову Сергію Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

(код і назва)

Освітня програма «Агроінженерія»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-наукова

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Удосконалення машиновикористання збирання зернового збіжжя»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «13» листопада 2024 р. № 2038 «С»
Термін подання завершеної роботи на кафедру

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи Науково – технічна література; результати науково-дослідних робіт по літературних джерелах по вивченню питання машиновикористання збирання зернового збіжжя

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

РОЗДІЛ 1 СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ

РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

РОЗДІЛ 4 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Перелік графічного матеріалу Електронна презентація на 12 слайдах

Дата видачі завдання «11» листопада 2024 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Соломка О.В.

Бугайов С.О.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Бугайов С.О. магістерська кваліфікаційна робота на тему «Удосконалення машиновикористання збирання зернового збіжжя», пояснювальна записка на 93 сторінках, у т.ч. 5 розділів, 10 рисунки, 16 таблиці, 50 літературних джерел.

1. Проаналізувати сільськогосподарські підприємства та обрати господарство для моделювання варіантів.

2. Розробити метод обґрунтування структури машинно-тракторного парку, оснований на критеріях мінімуму прямих експлуатаційних витрат і мінімуму механізаторів, обмеження по агротехнічних термінах виконання сільськогосподарських робіт та обсягів робіт при вирощуванні зернового збіжжя.

3. Розробити математичну модель та алгоритм вибору технічного забезпечення за сукупністю критеріїв обробітку зернових культур, які передбачають мінімум прямих експлуатаційних витрат та мінімум механізаторів при виконанні агротехнічних термінів сільськогосподарських робіт та дозволяють отримувати альтернативні варіанти технічних засобів залежно від ресурсного забезпечення, що відрізняє їх розроблені раніше.

4. Виявити взаємозв'язок у забезпеченості вирощування зернових культур кваліфікованими механізаторами, технічними засобами та технологічним забезпеченням обробітку зернового збіжжя.

5. Зробити оцінку економічної ефективності розрахованих варіантів. технічних засобів для інтенсивних технологій на базі відвальної обробки ґрунту, мінімальної обробки ґрунту та нульової технології (no-till) для обробітку зернового збіжжя за показником рентабельності.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	3
ЗМІСТ.....	4
ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	10
1.1. Характеристика умов вирощування зернового збіжжя у Київській області	10
1.2. Аналіз підходів оцінки та вибору технологій	16
1.3. Аналіз методів обґрунтування тривалості проведення польових робіт	20
1.4. Аналіз методів обґрунтування структури машинно-тракторного парку	26
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ	31
2.1. Обґрунтування вибору технологій вирощування зернового збіжжя	31
2.2. Теоретичне обґрунтування тривалості проведення польових робіт	35
2.3. Теоретичне обґрунтування структури машинно-тракторного парку	39
2.3.1. Метод наскрізного перегляду варіантів річних комплексів робіт	42
2.3.2. Математична модель та алгоритм вибору оптимального складу технічних засобів за сукупністю критеріїв	48
РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	56
3.1. Програма досліджень	56
3.2. Обґрунтування вибору методів підбору оптимального складу машинно-тракторного парку	57
3.3. Обґрунтування вибору господарства для моделювання	57
3.3.1. Характеристика господарства	58
3.3.2. Ґрунтово-кліматичні умови	58
3.4. Методика формування вихідних даних	59
3.5. Методика розрахунку експлуатаційних витрат на обробіток зерна	60
3.6. Методика розрахунку та обґрунтування вибору альтернативних варіантів	64
3.7. Методика оцінки економічної ефективності	65

	5
РОЗДІЛ 4 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	67
4.1. Вихідні дані щодо вибраних технологій та технічного забезпечення	67
4.2. Розрахунки на укрупнених даних господарства	71
4.3. Математичне моделювання варіантів підбору машинно-тракторного парку	74
РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	83
ВИСНОВКИ.....	87
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	89

ВСТУП

Актуальність теми: Один з основних напрямків рослинництва Київської області – обробіток зернових культур Рівень виробництва зерна є однією з найважливіших характеристик добробуту регіону та оцінки його економічної самостійності. Так у Стратегії соціально-економічного розвитку агропромислового комплексу Київської області до 2035 року одним із напрямків розвитку є насичення внутрішнього продовольчого ринку та забезпечення потреб населення у якісній зерновій продукції. Для досягнення цієї мети передбачається, зокрема, збільшення виробництва зерна з 13065 тис. т порівняно з періодом 2011-2015 років. до 22000 тис. т до 2035 р.

За наявних можливостей та ресурсного потенціалу регіону, приріст продукції рослинництва, ефективність зернового виробництва та підвищення його конкурентоспроможності стримуються низкою проблем, серед яких можна відзначити технологічне відставання, застаріла матеріально-технічна база та її невідповідність потребам виробництва та світовим стандартам.

Останні десятиліття спостерігається тенденція зниження сільського населення та забезпеченості господарств кваліфікованими кадрами. Аналіз людського ресурсу показує, що кількість працюючих у сільськогосподарських організаціях з 1990 р. по 2018 р. скоротилася приблизно в 5 разів.

Продуктивність праці за цей період підвищилася приблизно 4 рази. На основі аналізу цих тенденцій у сфері змін кадрового ресурсу можна зробити висновок про дефіцит у сільськогосподарській галузі фахівців високої кваліфікації. Щоб вирішити проблему нестачі кваліфікованих механізаторів, необхідно раціонально та ефективно використовувати трудові ресурси; або застосовувати більш енергонасичену техніку - більш продуктивну; або переходити на іншу технологію вирощування та збирання

зернових культур залежно від рівня ресурсозабезпеченості; чи застосовувати організаційно-технологічні заходи.

Однак стан машинно-тракторного парку є одним із стримувальних факторів розвитку галузі. Недостатня енергозабезпеченість господарств не дає змоги освоювати їм інноваційні технології виробництва. Енергоозброєність у Київській області на 2015-2023 рр. становила близько 170 л. с. на 100 га посівів, по Україні цей показник дорівнює 200 л. с., у Європі – 400-450 л. с., у США – 850 л. с. Для освоєння інноваційних технологій виробництва необхідно близько 300 л. с. на 100 га посівів. Крім того, парк сільськогосподарських машин значною мірою застарів і відбувається його щорічне скорочення, трактори та зернозбиральні комбайни працюють із минулими нормативними термінами експлуатації, а оновлення техніки відбувається невисокими темпами. При цьому на сільськогосподарському ринку з'явилася нова закордонна техніка, представлена різними марками та модифікаціями, ускладнюючи вибір сільгосптоваровиробника недовіком інформації про її застосування в регіоні. Тому ефективність використання техніки є першорядним завданням.

Економіка та умови ринку диктують свої правила, стимулюючи виробників сільськогосподарської продукції до отримання високого доходу від виробництва та визначення ефективності вибраних прийомів з комерційної точки зору. Основним показником та критерієм вибору та оцінки технологій обробітку зерна є максимум прибутку, який товаровиробник може отримати від впровадження тієї чи іншої технології. Застосовують та інші оціночні показники за ефектом, що отримується від застосування вибраних підходів: зниження трудових витрат, зниження енергетичних та матеріально-грошових витрат, приріст обсягів виробництва продукції на основі збільшення врожайності та ін.

На сьогоднішній день на цю тему ведуться наукові розробки в рамках науково-дослідних робіт та грантів. Основними показниками

економічної оцінки технологій є ресурсні та трудові витрати на їх виконання, вартість валової продукції, собівартість одиниці продукції, рентабельність і чистий дохід з одиниці площі. Враховуючи ці показники технологій, вибирають менш затратні варіанти та пропонують їх виробництву. Також є способи вибору оптимального складу машинно-тракторного парку, засновані на різних вартісних умовах. Деякі методи реалізовані у вигляді програмного забезпечення у вітчизняних та зарубіжних розробках.

Мета дослідження: Обґрунтувати альтернативні варіанти технічних засобів для формування машинно-тракторного парку при вирощуванні зернового збіжжя.

Об'єкт дослідження – технологічні процеси при вирощуванні зернового збіжжя.

Предмет дослідження – закономірності взаємодії технічної оснащення технологічних операцій під час обробітку зернового збіжжя.

Завдання дослідження:

Обґрунтувати методи вибору технічного забезпечення обробітку зернового збіжжя.

Розробити математичну модель та алгоритм вибору технічного забезпечення обробітку зернового збіжжя.

Виявити взаємозв'язок технічного забезпечення обробітку зернового збіжжя залежно від ресурсного потенціалу сільськогосподарського підприємства.

Оцінити економічну ефективність розрахованих варіантів технічних засобів для обробітку зернового збіжжя при вибраних технологіях їх вирощування.

Наукову новизну досліджень представляють:

математична модель та алгоритм вибору технічного забезпечення вироблення зернового збіжжя, реалізовані у програмному забезпеченні для їх випробування;

взаємозв'язок технічного та технологічного забезпечення вирощування зернового збіжжя, залежно від ресурсного потенціалу сільськогосподарського підприємства;

методика вибору альтернативних варіантів технічного забезпечення технологій обробітку зернового збіжжя в залежності від ресурсозабезпеченості сільгосптоваровиробників.

Методи дослідження: У ході дослідження застосовувалися системний підхід, математичний аналіз матеріалів, економічна оцінка, методи математичного програмування, метод комп'ютерного моделювання. Експериментальні дослідження проводились на даних реального господарства з використанням на персональному комп'ютері програмного комплексу «Agro».

РОЗДІЛ 1 СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Характеристика умов вирощування зернового збіжжя у Київській області

За даними Київській області засівається зерновими та зернобобовими культурами близько 1400 тис. га (ця кількість коливається від року в рік, наприклад, у 2013 р. посівні площі становили 1403,3 тис. га, а в 2025 р. – 141,6). зернового збіжжя, дані наведені в таблиці 1.1. Київська область у середньому виробляє на 35,7% зернового збіжжя більше щорічно, порівняно з іншими районами (дані наведені в таблиці 1.2).

Таблиця 1.1.

Обсяги виробництва зернового збіжжя у районах-лідерах

Район	2023 р., тис. т	2024 р., тис. т	2025 р., тис. т
Білоцерківський	303	267,9	255,3
Фастівський	187,9	182,2	173,4
Обухівський	182,9	173,4	158,6
Бучанський	-	165,5	172,5

Таблиця 1.2.

Порівняння обсягів виробництва окремих районів із Білоцерківським районом

у відсотковому співвідношенні

Район	2023 р., %	2024 р., %	2025 р., %
Фастівський	62	68	67,9
Обухівський	60,4	64,7	62,1
Бучанський	-	61,8	67,6

Клімат південно-лісостепової зони континентальний, тривалість холодного періоду - 178 днів, зі стійким сніговим покривом - 157 днів, теплого 188 днів, безморозного - 115-120 днів. Сувора та тривала зима у

окремі періоди супроводжується сильними вітрами та хуртовинями. Снігова покрівля на полях не перевищує 24-30 см, а глибина промерзання ґрунту досягає 273 см. Трапляються короткочасні відлиги, які спостерігаються не щорічно. Літо спекотне, але порівняно коротке. Середньорічна температура повітря становить $0,2^{\circ}\text{C}$. Середня температура січня та липня становлять - $16-20^{\circ}\text{C}$ та $+18 + 20^{\circ}\text{C}$ відповідно.

Перехідні сезони (весна, осінь) короткі та відрізняються нестійкою погодою, поверненням холодів та заморозками. Заморозки на ґрунті починаються в другій половині вересня і закінчуються наприкінці травня. Сума температур ґрунту вище $5-10^{\circ}\text{C}$ становить $2010-2100^{\circ}$, вище $10-12^{\circ}\text{C}$ - $1760-1850^{\circ}$. Річні середньо- багаторічні опади – від 290 до 340 мм, червня – 50 мм. Більше 70% опадів випадає у літній період. У період із квітня по жовтень випадає (в середньому) 330 мм опадів, у період з листопада до березня – 95 мм. Коефіцієнти зволоження – 0,69-0,83. Переважають південні та південно-західні вітри.

Кліматичним умовам властива підвищена нестійкість, погодні аномалії, внаслідок яких зростає інтенсивність деградації ландшафтів. Так як у структурі посівів на цій території переважають однорічні ярі культури, навесні, у найерозійніший час, після сходу снігу до появи сходів, земля є порушеною обробкою, оголену поверхню без рослинності. Це сприяє розвитку ерозійних процесів та втрати родючості ґрунту. Підвищується небезпека опустелювання з несприятливих природних і техногенних чинників. Ландшафти південного лісостепу Через раннє танення снігу талі води швидко стікають, а високі літні температури та сильні вітри сприяють швидкому випаровуванню з ґрунту вологи. У зв'язку з цим ґрунт швидко висушується.

Найбільш характерними формами рельєфу є гриви з міжгривними пониженнями, що розділяють їх, а також міжрічні плоскі вали з лощинами і річковими долинами, із загальною їх орієнтацією з північного сходу на південний захід. Гриви є лінійно-витягнутими

підняттями, відносна висота яких досягає 3-10 м, іноді 20 м, ширина змінюється від 300 м до 1 км, а довжина - від кількох до 20-25 км.

Домінуюче становище у складі орних земель області займають чорноземи, площа яких становить 1503,6 тис. га або 35,6% від усієї площі ріллі. Ґрунти представлені на території звичайними чорноземами, солонцюватими або осолоділими на гривах. У складі ріллі переважають чорноземно-лугові, лугово-чорноземні ґрунти та чорноземи звичайні, частіше солонцюваті з різною часткою солонців. Чорноземи звичайні, що залягають на підвищених елементах рельєфу, відзначаються нижчою гумусованістю. Зміст гумусу в чорноземах звичайних знаходиться в межах 6-8%.

Серед земель південного лісостепу можна виділити малосолонцеві землі та солонцеві землі. Малосолонцеві землі – плоскі слабодрензовані рівнини з переважанням важкосуглинистих та глинистих лугово-чорноземних, чорноземно-лугових солонцюватих ґрунтів та чорноземів звичайних солонцюватих у комплексі із солонцями 10-30%. Для цих земель характерно низький вміст рухомих фосфатів, у сприятливій горі нестача рухомих форм азоту. Норми внесення добрив відрізняються від виду культур, агрокліматичних умов року та забезпеченості рослин елементами живлення.

Солонцеві землі – плоскі слабодрензовані рівнини з переважанням важкосуглинистих та глинистих чорноземно-лугових, лугово-чорноземних та лугових солонцюватих ґрунтів у комплексі із солонцями понад 30%. По відношенню до попередньої групи ґрунту займають переважно підлеглі позиції і характеризуються більш важким гранульованим складом, меншими водопроникністю та запасами доступної вологи при найменшій вологоємності.

Вибір сівозміни на цих землях, крім відомих критеріїв, залежить від ступеня засолення ґрунтів та наявності солонців у ґрунтовому комплексі. В умовах екстенсивного та нормального землеробства можливе

освоєння короткоротаційних чотирипільних сівозмін з насиченням їх зернофуражними культурами. У сівозмінах повинні переважати солонцестійкі однорічні трави, буркун, ячмінь, овес. В інтенсивному землеробстві після проведення вибіркової хімічної меліорації розширюється набір культур, зменшується роль чистої пари. Землі використовуються за інтенсивним типом із заміною пари однорічними травами, зернобобовими та іншими культурами.

У південному лісостепу області поширені кореневідросткові бур'яни: різні види осотів, в'юнків, молокан татарський і різні види молочаїв; розвинені вовсю звичайний та щетинники, особливо щетинник зелений, дещо менше значення мають просо куряче (ожиновник звичайний) та просо бур'янове; однорічні дводольні бур'яни: гречка татарська, горці, курай, липучка відстовбурчена. Зважаючи на включення в сівозміну зернових культур, обробки ґрунту без обороту пласта кліматичні умови сприяють зниженню супресивності ґрунту до збудника гельмінтоспоріозної кореневої гнилі. Поширені бура іржа пшениці, септоріоз, головня, бура плямистість люцерни.

Зі шкідників для цієї території характерні нестадні саранові та луговий метелик, шведська та яра мухи, стеблові та хлібна смугаста блішки, пшеничний трипс, сіра зернова совка, хрестоцвіті блішки, клопи, рижиковий потайнохоботник, альтерна фіто-плазмоз (віресценція), чорна ніжка, фузаріозне в'янення ріпаку та багаторічних трав.

Характеристика умов обробітку зернового збіжжя південно-лісостепової зони Київської області представлена в таблиці 1.3. Спрямованість господарств південно-лісостепової зони Київської області – зернове виробництво та молочно-м'ясне скотарство. Велику площу посівів займають посіви зернових, близько 69%, під кормові культури відведено близько 31% ріллі.

Таблиця 1.3.

Характеристика умов вирощування зернового збіжжя південно-
лісостепової зони Київської області

Найменування показника	Південний лісостеп
Тип клімату	Посушливий
Середньобогаторічна кількість опадів за рік, мм	290-340
Сума температур ґрунту вище 5-10°C, °C	2010-2100
Тривалість теплого періоду, днів	188
Тривалість безморозного періоду, днів	115-120
Тип ґрунтів	Звичайні чорноземи
Механічний склад ґрунтів	Глинистий та суглинистий
Наявність ґрунтів, % від площі ріллі	
Кам'янисті	-
Солонцеві	29,3
схильні до вітрової ерозії	80,0
схильні до водної ерозії	20,0
Межі значень питомого опору ґрунтів, кг/см ²	0,4-0,6
Розміри робочих ділянок, % від площі ріллі	
менше 10 га	6,4
10-200 га	21,6
понад 200 га	72,0
Частка полів складної конфігурації, %	3,1
Середня відстань перевезень, км	20,6

Серед сільськогосподарських підприємств південно-лісостепової зони більшу частину займають дрібні підприємства, частка зернового виробництва яких становить 5% (рис. 1.1.). Далі йдуть дрібні господарські організації до 3000 га з часткою виробництва 10,9%. Найбільший внесок у зернове виробництво (42,9%) роблять середні за розмірами

сільськогосподарських угідь з площею ріллі від 3000 до 7000 га (в цілому по області їх кількість становить 53,9%), та великі підприємства з площею ріллі понад 7000 га (їхня частка становить 41,2%).

На рис. 1.3. представлено розподіл господарств за формами власності.

Найбільш поширені фермерські господарства – їхня частка від загального числа становить 38,6%, та товариства з обмеженою відповідальністю – 19,3%.

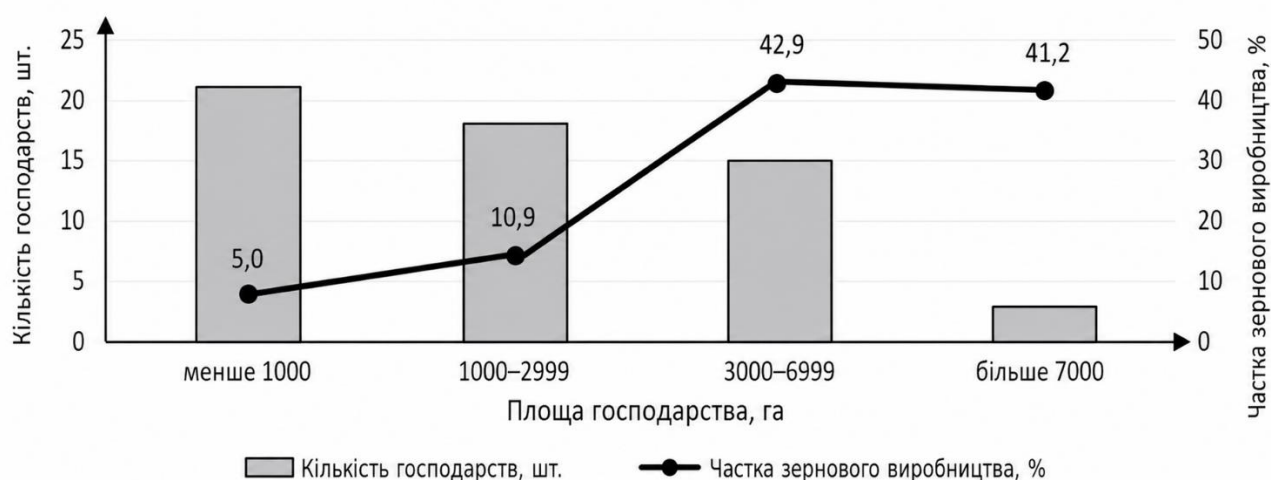


Рис. 1.1. Розподіл посівних площ по господарствах Київської області інтенсивного та нормального рівня

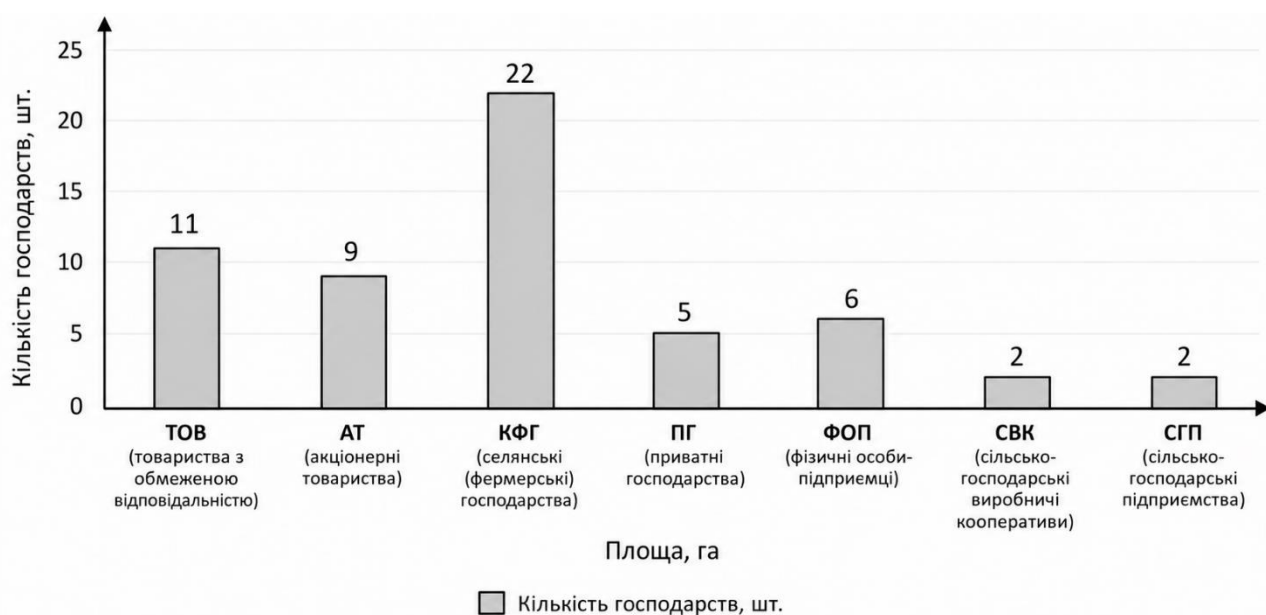


Рис. 1.2. Розподіл форм власності по господарствам інтенсивного та нормального рівня

У зв'язку з цим господарство для моделювання слід вибирати з площами сільськогосподарських угідь понад 3000 га з-поміж фермерських господарств, товариств з обмеженою відповідальністю або акціонерних товариств.

1.2. Аналіз підходів оцінки та вибору технологій

Технологія обробітку будь-якої сільськогосподарської культури – це сукупність прийомів та засобів для виробництва продукції рослинництва. До прийомів належать різні види обробітку ґрунту, посів, внесення добрив, захист рослин та збирання врожаю. Кожна операція виконується у відповідні календарні терміни, та її виконання залежить від ґрунтово-кліматичних умов та агротехнологічних вимог.

Сучасні технології вирощування сільськогосподарських культур є комплексом технічних засобів і технологічних операцій, які спрямовані на досягнення планованої врожайності культур та якості одержуваної продукції, екологічної безпеки та економічної ефективності. Існує три рівні інтенсифікації: екстенсивний, малоінтенсивний (нормальний) та інтенсивний.

Екстенсивні технології – технології, що дозволяють отримувати врожай, за рахунок природної родючості ґрунтів, біологічного потенціалу сортів без застосування добрив та засобів захисту або в дуже обмежених обсягах.

Нормальні технології – технології, які дозволяють отримувати врожай, компенсуючи винесення поживних речовин із ґрунту, застосовуючи засоби захисту рослин у випадках появи небезпечних хвороб, шкідників та бур'янів.

Інтенсивні технології – технології, що дозволяють отримувати найбільшу врожайність зернової продукції, компенсуючі поживні речовини, що виносяться врожаєм, і різні витрати, що окупають пов'язані з цим: фінансові, енергетичні, трудові. При цьому використовуються

сучасні сорти, які дають високу врожайність в умовах інтенсифікації, та комплексний захист рослин від хвороб, шкідників та бур'янів.

Ці технології включають різні агроприйоми, в основі яких лежать варіанти осіннього обробітку ґрунту, якими визначається інтенсивність впливу на ґрунт та необхідні наступні технологічні операції. Осіннє обробіток ґрунту – одна з технологічних операцій базової технології. По глибині осіннього обробітку ґрунту можна виділити наступне:

- глибока (20-22 см) на базі відвального оранки;
- глибоке розпушування;
- мінімальна (10-12 см);
- нульова (no-till), без осінньої обробки.

Для практичної реалізації технологій вирощування зернових культур застосовують різноманітні критерії оцінки. За наявності безлічі факторів, що впливають на вибір основного обробітку ґрунту (ґрунтово-кліматичні особливості, наявність необхідної техніки, внесення добрив та ін.), існує можливість наявності кількох способів обробітку ґрунту, рівноцінних за ефективністю. Вибрати одну з таких технологій можна за допомогою її економічної оцінки. Основними показниками при цьому є витрати ресурсів праці, необхідні на їх виконання, вартість валової продукції, її собівартість, рентабельність і дохід з га. Враховуючи ці показники технологій, вибирають менш затратні, продуктивні варіанти та пропонують їх виробництву.

У методиках оцінки використання машинно-тракторного парку до 1991-1993 років. при плануванні господарської діяльності основними показниками економічної ефективності були термін окупності, прибуток, наведені витрати, коефіцієнт ефективності капіталовкладень, лімітна ціна. З метою скорочення розрахунків при порівнянні великої кількості альтернативних рішень, наприклад, придбання технологічно взаємозамінних машин з різними цінами та експлуатаційними витратами, як показник внутрішньосистемної економічної ефективності з

погляду доцільності слід було використати наведені витрати, а комерційної ефективності – наведену прибуток. Серед наведених вище показників основними за економічним ефектом вважалися капіталовкладення та витрати на виробництво, а якщо оцінювалася машина або комплекс машин, машинна технологія – експлуатаційні витрати.

Згідно з методиками 1997 та 2010 років. остаточна оцінка технологій та сільськогосподарських машин проводилася за економічною оцінкою. Якщо оцінювалася окрема машина (спеціалізована, комбінована або універсальна), комплекс машин або технологія, як основний показник економічної ефективності застосовувався приріст прибутку від виробництва продукції. При оцінці за економічними критеріями окремих машин або їх комплексів, якщо змінювалася якість одержуваної продукції, і не було збільшення обсягів виробництва, враховувалося зниження експлуатаційних витрат.

Однією з підходів під час виборів технологій є оцінка економічної ефективності за величиною доходу.

Дохід у цьому випадку є різницею між виручкою та прямими витратами з розрахунку на 1 га ріллі, що утворюються в результаті обробітку та збирання культур. Для виявлення різниці у витратах за різних способів обробітку ґрунту в роботі враховувалися лише ті операції, якими технології відрізняються одна від одної. Однак для оцінки технологій необхідно враховувати весь комплекс робіт, а не окремі технологічні операції, щоб оцінити завантаження машинно- тракторного парку та оптимізувати кількість техніки за рахунок зіставлення витрат на техніку та втрати врожаю.

Критерій мінімуму енерговитрат, будучи вартісним, дає оцінку витрат виробництва опосередковано через оцінку вартості ресурсів.

Економічна ефективність технологій пов'язує із зменшенням або збільшенням продуктивності та підвищенням вартості добрив та засобів захисту, що сприяють збільшенню врожайності табл. 1.4.

Економічна ефективність обробітку ярої пшениці за пару залежно від технології обробітку на 2026 рік

Показник	Традиційна технологія	Мінімальний обробіток	No-till технологія
Урожайність, т/га	4,8	5,2	5,5
Витрати палива, л/га	72	48	28
Витрати праці, люд.-год/га	8,5	6,2	4,1
Виробничі витрати, грн/га	25500	23800	22100
Собівартість 1 т зерна, грн	5313	4577	4018
Ціна реалізації зерна, грн/т	9600	9600	9600
Валовий дохід, грн/га	46080	49920	52800
Чистий прибуток, грн/га	20580	26120	30700
Рівень рентабельності, %	80,7	109,7	138,9

У 2026 році найбільш економічно ефективною є технологія **No-till**, яка забезпечує зменшення витрат палива та трудових ресурсів, зниження собівартості продукції й підвищення рівня рентабельності. Порівняно з традиційним обробітком прибуток збільшується майже на 49 %, що свідчить про перспективність ресурсозберігаючих технологій вирощування ярої пшениці для умов Київської області.

Однак урожайність є необхідним, але не достатнім показником для оцінки технологій. При виборі технологій та машин принцип потреби та достатності виконується за умови, що, крім рівня врожайності, враховується рівень експлуатаційних витрат за заданою технологією. Цей показник можна визначити, якщо обґрунтовано структуру машинно-тракторного парку та визначено економічні показники його експлуатації.

Вибір технологій перебуває у тісному взаємозв'язку з використовуваною технікою, оскільки комплексна оцінка на основі визначення оптимального оснащення господарства сучасними технічними засобами, розробленими за останніми досягненнями науково-технічного прогресу, є основним фактором підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва.

Так вченими запропоновано алгоритм визначення найбільш ефективних технологій та технічних засобів для вирощування сільськогосподарських культур. У цьому алгоритмі враховуються ґрунтово-кліматичні особливості, дається характеристика техніко-економічних умов виробництва, проводиться аналіз економічної ефективності використання техніки. На думку авторів, це дозволить уникнути необґрунтованих витрат, які можуть виникнути в процесі вибору технології через надлишок або брак деяких ресурсів. Передбачається, що в оцінці залученості ресурсів у процес виробництва та можливості їх ефективного використання полягає економія.

У запропонованому алгоритмі аналіз економічної ефективності використання технології полягає в оцінці матеріальних та трудових витрат, оцінці доходу та рівня ризиків. Вибирається та технологія, економічна ефективність якої вища за типову.

1.3. Аналіз методів обґрунтування тривалості проведення польових робіт

Вплив термінів та тривалості виконання польових робіт на кінцевий

збір продукту – одна з найхарактерніших особливостей сільськогосподарського виробництва. Досвід та практика господарств показують, що зменшення тривалості проведення польових робіт призводить до збільшення врожаю та покращення якості сільськогосподарської продукції. Крім того, визначення термінів виконання польових робіт має велике значення і для визначення потреби в тракторах та сільськогосподарських машинах.

Було запропоновано рекомендації для визначення нормативів потреби господарств у технічних засобах, виражених у тривалості термінів проведення технологічних операцій. Було рекомендовано: 2-3 дні на закриття вологи, 3-4 дні на передпосівну культивуацію, 3-4 дні на посів, 4-5 днів на скошування у валки, 7-8 днів на підбір валків, збирання зернового збіжжя та соломи, 12-14 днів на оранку. Але через висів культур різних сортів з різними термінами дозрівання, погодних умов терміни висіву, а отже, і збирання можуть у кілька разів перевищувати ці стислі терміни. З появою нових технологій і нової техніки зникли деякі технологічні операції, інші стало можливим виконувати за один прохід машинно-тракторного агрегату.

Скорочення тривалості робіт та виконання технологічних операцій у оптимальні терміни призводить до збільшення врожайності та підвищення якості одержуваної продукції, т.к. терміни проведення польових робіт впливають на врожайність культур. Однак їх надмірне скорочення призводить до збільшення потреби в техніці, тим самим знижуючи її річне завантаження. Річна завантаження техніки, обернено пропорційна експлуатаційним витратам, отже, зниження річного завантаження техніки веде до збільшення експлуатаційних витрат.

У свою чергу зі збільшенням річного завантаження сільськогосподарської техніки знижуються експлуатаційні витрати. Цього можна досягти, розтягуючи терміни проведення польових робіт, оскільки при цьому знижуватиметься потреба в кількості техніки, отже,

зросте її річне завантаження. Однак збільшення термінів проведення робіт веде до збільшення втрат урожаю.

Ця залежність може бути виражена наступним рівнянням:

$$U_i = AD_i^2 + BD_i + U_0, \quad (1.1.)$$

де: U_i - поточне значення врожайності, ц/га;

BD_i - тривалість виконання роботи від оптимального моменту, день (Доба);

A - Коефіцієнт рівняння, ц/(га·день²);

B - Коефіцієнт рівняння, ц/(га·день);

U_0 - урожайність, отримана в результаті виконання робіт у оптимальні терміни, ц/га.

Коефіцієнти A і B - Негативні

Тому обґрунтування строків проведення польових робіт має проводитися не лише за агрономічними умовами, а й за економічними критеріями.

Розглянемо деякі варіанти знаходження оптимальної тривалості проведення польових робіт.

Збільшення терміну виконання цього процесу призводить до зниження капіталовкладень у машинно- тракторний парк і водночас призводить до зниження врожайності. Їм було запропоновано формулу економічно оптимальної тривалості виконання робіт, встановлену в результаті дослідження функції (1.2.):

$$D_{\text{ОПТ}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n C_{bi} H_a K_i}{K_B U_{\text{max}} C_{\text{П}} W_{\text{год}} T_{\text{д}}}}, \quad (1.2.)$$

де: C_{bi} – балансова вартість машини в агрегаті, грн.;

H_a - річна норма амортизаційних відрахувань, частка;

K_i - використання машини в одному процесі по відношенню до

загального часу. використання у році, частка;

K_B – коефіцієнт обліку втрат урожаю при збільшенні терміну виконання роботи від оптимального моменту на одиницю часу (добу); частка;

U_{max} – значення врожайності, що відповідає виконанню робіт в оптимальні терміни, ц/га;

C_{Π} – вартість одиниці продукції, грн./ц;

$W_{год.}$ - продуктивність агрегату, га/година;

$T_{д.}$ - добова тривалість використання агрегату, год.

Оскільки годинна продуктивність в окремих процесах не однакова, доводиться варіювати числом агрегатів у певних межах, добовою тривалістю їх використання та доби роботи. Добова тривалість використання агрегатів також обмежується наявністю кадрів механізаторів.

Обґрунтування оптимального терміну виконання найважливіших сільськогосподарських робіт може проводитись за формулою:

$$t_{o.t} = \sqrt{\frac{2J_3 t_n t_{екс}}{P_{екс}}} \quad (1.3.)$$

де: $t_{o.t}$ – оптимальний термін проведення робіт, дні;

J_3 – змінна частина наведених витрат при нормованому виконанні робіт, грн./га;

t_n – нормативна тривалість виконання робіт, прийнята при встановленні норм амортизаційних відрахувань, дні;

$t_{екс}$ – число днів, що пройшли між можливим початком робіт та експериментально отриманими даними про втрати врожаю, дні;

$P_{екс}$ – експериментально отримані на кінець аналізованого терміну проведення роботи дані про втрати врожаю, грн./га.

У цьому виразі не враховується частка змінної частини наведених

витрат на техніку, що припадає на даний вид робіт, на відміну від висловлювання. Також не враховується неодноразове дозрівання полів.

Наступне вираження, трохи інакше визначає втрати врожаю:

$$D_p^{\text{опт.}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n C_{bi} a_i \gamma_i}{100 K_n U C_{\Pi} W_{\text{доб.}}}}, \quad (1.4.)$$

де $D_p^{\text{опт.}}$ - оптимальна тривалість виконання роботи, дні;

C_{bi} - балансова вартість машини, грн.;

a_i - відсоток відрахувань на реновацію машини i , %;

γ_i - частка цієї роботи у загальному обсязі робіт, що виконуються машиною i , частка;

K_n - коефіцієнт обліку втрат урожаю при збільшенні тривалості роботи на 1 день/годину на відміну від оптимального, частка/день (частка/година);

U - врожайність культури, ц/га;

C_{Π} - закупівельно-здавальна ціна продукту, грн./ц;

$W_{\text{доб.}}$ - добова продуктивність агрегату, га/день.

Наведений вираз дозволяє обчислити тривалість проведення сільськогосподарських робіт, доцільних з погляду економіки.

Запропоновано вираз для знаходження оптимальних термінів:

$$D_p = \sqrt{\frac{\frac{B_{\text{тр}}(\alpha_{\text{тр}} + E_n) \gamma'_{\text{тр}} \gamma''_{\text{дозр.}} + B_{\text{зч}}(\alpha_{\text{зч}} + E_n) \gamma'_{\text{зч}} \gamma''_{\text{дозр.}}}{K_{\text{св}} U W W_{\text{д.}}} + \frac{B_{\text{с.г.м.}}(\alpha_{\text{с.г.м.}} + E_n) \gamma'_{\text{с.г.м.}} \gamma''_{\text{дозр.}} + (P_{\text{тр}} \gamma'_{\text{тр}} + P_{\text{зч}} \gamma'_{\text{зч}} + P_{\text{с.г.м.}} \gamma'_{\text{с.г.м.}}) \gamma''_{\text{дозр.}}}{K_{\text{св}} U C_{\Pi} W_{\text{д.}}}}, \quad (1.5.)$$

де D_p - тривалість проведення роботи, годину або день;

$B_{\text{тр}}$, $B_{\text{зч}}$, $B_{\text{с.г.м.}}$ - балансова вартість трактора, зчіпки та сівалок (сільгоспмашин), грн.;

$\alpha_{\text{тр}}, \alpha_{\text{зч}}, \alpha_{\text{с.г.м.}}$ – норми відрахувань на реновацію трактора, зчіпки та сільгоспмашин;

$\gamma'_{\text{тр}}, \gamma'_{\text{зч}}, \gamma'_{\text{с.г.м.}}$ – частина питомих капіталовкладень, а також річних відрахувань на реновацію та зберігання, що залежить від коефіцієнтів втрат на роботах, які виконує конкретний машинно-тракторний агрегат (трактор, зчіпка та сільгоспмашина) протягом року;

$\gamma''_{\text{дозр.}}$ – коефіцієнт, що враховує нерівномірність «дозрівання полів»;

$P_{\text{тр}}, P_{\text{зч}}, P_{\text{с.г.м.}}$ – річне відрахування на зберігання машин виду i , грн.;

$K_{\text{св}}$ – середній коефіцієнт втрат урожаю залежно від терміну робіт, частина/день;

U – врожайність культур, ц/га;

Π – закупівельно-здавальна ціна на одиницю продукції, грн./ц;

$W_{\text{д.}}$ – денна продуктивність машинно-тракторного агрегату, га/день;

$E_{\text{н}}$ – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень.

Щоб визначити оптимальну тривалість термінів проведення польових робіт, першу похідну функції сукупних витрат за тривалістю проведення технологічної операції дорівнюють нулю. Якщо друга похідна цієї функції більше нуля, то точці, де перша похідна дорівнює нулю, функція має мінімум.

Таким чином, загальні витрати безпосередньо залежать від двох взаємопов'язаних факторів: кількість зайнятої техніки, яка визначається витратами на експлуатацію, та величина втрат урожаю при збільшенні тривалості або несвоєчасності термінів проведення робіт. При вирішенні задачі підбору технічних засобів для виробництва необхідно читати обидва фактори та знаходити оптимальне для них рішення.

За наявності певної кількості технічних засобів, тривалість проведення різних операцій можна скоротити лише до певних значень. Подальше скорочення тривалості виконання механізованих робіт стає можливим лише за умови збільшення кількості технічних засобів. Таким чином, скорочення тривалості виконання операцій з обробітку сільськогосподарських культур призводить, з одного боку, до збільшення врожайності сільськогосподарських культур та, з іншого, до подорожчання машинно-тракторного парку. Очевидно, скорочувати терміни виконання сільськогосподарських робіт економічно доцільно доти, доки надбавка врожаю в грошах буде вищою за додаткові наведені витрати на механізацію аналізованих процесів.

Зміна строків проведення польових робіт пов'язана зі зміною складу парку машин підприємства, тому обґрунтування строків проведення операцій має проводитися разом із вирішенням задачі підбору оптимального складу машинно-тракторного парку.

1.4. Аналіз методів обґрунтування структури машинно-тракторного парку

Будь-яка робота з організації виробництва (створення, розширення чи поновлення) повинна супроводжуватись з економічним обґрунтуванням та вибором ефективного обладнання, машин та комплексів. Найважливіша проблема, від вирішення якої очікується найвищої віддачі при мінімальних капіталовкладеннях, – формування оптимальних складів машинно-тракторного парку та високоефективна організація використання техніки, що потребує збільшення тривалості використання агрегатів протягом року, що дозволяє знизити потребу в техніці.

Методологія оптимізації машинно-тракторного парку для рослинництва передбачає застосування лінійних, лінійно-цілочислових математичних моделей функціонування машинно-тракторного парку господарств протягом типового сільськогосподарського року.

Аналіз літератури, що відображає як розроблені раніше методи оптимізації машинно-тракторного парку, так і нові шляхи, показав, що як критерій розрахунку кількісного та якісного складу машинно-тракторного парку в господарствах використовувалися:

- мінімум кількості тракторів;
- мінімум витрат праці;
- мінімум експлуатаційних витрат;
- вартісний критерій – мінімум наведених, диференціальних витрат і т.д.
- мінімум енерговитрат та ін.

Завдання оптимізації складу машинно-тракторного парку полягає у визначенні складу технічних засобів, що забезпечує задані терміни виконання польових робіт

Метод	Характеристика	Переваги	Недоліки
Нормативний	Формування МТП за типовими нормативами забезпеченості технікою	Простота розрахунків	Не враховує специфіку господарства
Статистичний	Базується на аналізі фактичних показників роботи господарств	Враховує реальний досвід	Залежить від якості статистичних даних
Економіко-математичний	Використання моделей оптимізації та критеріїв мінімізації витрат	Висока точність	Значна складність розрахунків
Імітаційного моделювання	Моделювання виробничих процесів за різних умов	Дозволяє враховувати випадкові фактори	Потребує спеціального програмного забезпечення
Багатокритеріальний	Оцінка декількох критеріїв: витрати, продуктивність, надійність	Комплексний підхід	Складність визначення ваг критеріїв
Експертний	Прийняття рішень на основі знань фахівців	Гнучкість	Суб'єктивність оцінювання

Весь проміжок часу виробничого процесу поділяється на T періодів.

Для j -ї сільськогосподарської роботи задано її обсяг – P_j , початок та кінець її виконання – t_j^0, t_j' . Крім того, вважається заданим список із n_j агрегатів, виконуючих роботу j . Кожен агрегат характеризується числами:

λ_{ij}^s - число машин марки i , що входить у s -й агрегат, що виконує роботу j , шт.;

a_j^s - продуктивність агрегату за період, га/період;

c_j^s - прямі витрати при роботі агрегату протягом періоду, грн.

Завдання полягає у визначенні величин:

$x_j^s t$ – кількість агрегатів виду s , зайнятих на виконанні роботи j , які працюють у період t , шт.;

y_i – кількість машин марки i , що необхідно придбати, шт.;

z_j – кількість машин марки i , шт., яке слід описати за умов:

$$x_j^s t \geq 0; y_i \geq 0; z_i \geq 0,$$

$$j = 1, 2, \dots, n; t = t_j^0 + 1, \dots, t_j'; s = 1, 2, \dots, n_j; i = 1, 2, \dots, m,$$

$$\sum_{t=t_j^0}^{t_j'} \sum_{s=1}^{n_j} \alpha_j^s x_{jt}^s = P_j; j = 1, 2, \dots, n,$$

$$\sum_j \sum_{s=1}^{n_j} \lambda_{ij}^s x_{jt}^s \leq Q_i + y_i - z_i; t = 1, 2, \dots, T; i = 1, 2, \dots, m,$$

де підсумовування береться лише з тих робіт j , які можуть виконуватися в період t .

$$\sum_{j=1}^n \sum_{t=t_j^0}^{t_j'} \sum_{s=1}^{n_j} C_j^s x_{jt}^s + \sum_{i=1}^m d_i (Q_i + y_i - z_i) + \alpha \sum_{i=1}^m C_i y_i,$$

Q_i - кількість машин i -ї марки, що є у господарстві, шт.;

C_i - вартість придбання однієї машини i -ї марки, грн.;

d_i - вартість утримання однієї машини i -ї марки за весь аналізований проміжок часу, грн.;

α - деякий коефіцієнт, який характеризує ефективність

капіталовкладень.

Відповідно до розробленої методики було складено програму, яка розраховувала оптимальну структуру машинно-тракторного парку ітеративним методом лінійного програмування.

Критерій оптимальності запропонували кількість тракторів, вважаючи його ідентичним мінімуму прямих експлуатаційних витрат:

$$L = \sum_{i=1}^N x_i, \quad (1.6.)$$

де: x_i – загальна кількість потрібних у господарстві тракторів i -го типу, шт.;

L - загальна кількість тракторів у складі парку, шт.;

N - кількість типів тракторів, що розглядаються, шт.

Таким чином, завдання оптимізації складу машинно-тракторного парку було приведено до загальної транспортної задачі завдяки цьому критерію, а далі рішення шукали методом потенціалів. Вони вважали, що склад тракторного парку, який відповідає мінімальній величині цього критерію, забезпечить його мінімальну вартість та мінімальну загальну собівартість усіх тракторних робіт за рахунок можливого використання на кожній операції більш продуктивних агрегатів. Проте залучення більш енергопотужних машин який завжди означає вибір оптимальної структури машинно-тракторного парку і який завжди дає мінімум наведених витрат за виконання сільськогосподарських робіт, т.к. у менш продуктивних машин прями експлуатаційні витрати на одиницю виконуваної роботи нижче.

Деякі з розглянутих методів враховують потребу в кількості потреб механізаторів, проте не враховують їх кваліфікацію, яка дозволяє працювати на високопродуктивній техніці.

За даними 2010 кількість працівників у сільськогосподарських організаціях порівняно з 1990 роком скоротилася приблизно в 5 разів. У зв'язку з цим, оцінюючи та обираючи технології та технічні засоби за економічними критеріями, необхідно враховувати в експлуатаційних

витратах вартість робочої сили, включаючи навчання та підвищення кваліфікації, особливо якщо відбувається збільшення обсягів виробництва та впровадження нової техніки.

РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ

2.1. Обґрунтування вибору технологій вирощування зернового збіжжя

Підвищення ефективності використання машинно-тракторного парку в технологічних процесах обробітку продукції рослинництва запобігає необхідності обґрунтування всіх рішень з точки зору економіки. Найбільш значущий показник, що визначає економічну ефективність застосування технологій, комплексів технічних засобів та окремих машин, які впливають на обсяги виробництва продукції та її якість, – це зростання обсягів виробництва та приріст прибутку від виробництва продукції.

У сучасних ринкових умовах конкурентність та ефективність сільськогосподарського виробництва оцінюється прибутком, який отримує підприємство від реалізації виробленої продукції. Для того, щоб оцінити технологію за допомогою цього критерію, потрібно визначити собівартість зерна, яка визначається експлуатаційними витратами. При цьому вибір того чи іншого варіанта технологій сільгосптоваровиробника залежить від його ресурсного забезпечення та наявності кваліфікованих кадрів механізаторів. З погляду принципу необхідності та достатності для здійснення цього вибору потрібні три показники: рівень врожайності культур, собівартість та витрати праці на 1 га посівів (витрати праці на 1 га краще характеризувати величиною потреби механізаторських кадрів на 1000 га посівів).

Як основні економічні показники оцінки технологій застосовують витрати праці та ресурсів на її виконання, валова вартість продукції, собівартість, рентабельність та дохід з гектара. Доцільність реалізації у будь-якій машині тих чи інших показників з енергетичних витрат, екології, надійності, техніки безпеки тощо. можна виявити лише за допомогою економічної оцінки.

За результатами дослідження, в якому порівнювалися технології обробітку зернових культур, найменша собівартість тони зерна при рівні врожайності 3 т/га виходить за ресурсозберігаючої технології із застосуванням трактора ЮМЗ-8244.2 (таблиця 2.1.). Однак необхідне число механізаторів для виконання заданих обсягів робіт у порівнянні з тією ж технологією із застосуванням трактора ХТА-200-10 на 5 осіб більше, а витрати праці на 1 га на 34,8% вищі.

Таблиця 2.1.

Дані про врожайність, витрати праці, потреби в механізаторах та собівартість одиниці продукції із застосуванням різних технологій та варіантів тракторів

Технологія	Марка трактора	Потужність, к.с.	Урожайність, т/га	Витрати праці, люд.-год/га	Потреба в механізаторах, осіб	Собівартість продукції, грн/т
Традиційна оранка	МТЗ-82	81	4,7	8,6	7	5560
Традиційна оранка	ХТЗ-17221	175	4,9	7,2	6	5270
Мінімальний обробіток	John Deere 6135B	135	5,3	5,8	5	4710
Мінімальний обробіток	New Holland T7060	210	5,5	5,1	4	4430
Strip-till	Case IH Puma 210	210	5,7	4,7	4	4250
No-till	John Deere 8320R	320	5,9	3,8	3	3940
No-till	Fendt 936 Vario	360	6,1	3,4	3	3820

З цього випливає, що розглядати питання вибору технологій на сьогоднішній день необхідно спільно із забезпеченістю сільгосптоваровиробників кваліфікованими кадрами.

На сьогоднішній день у багатьох сільськогосподарських підприємствах різних регіонів країни існує нестача кваліфікованих механізаторів. Аналіз людського ресурсу показує, що скорочення чисельності сільського населення загалом, скорочення частки

працездатного населення та його відтік із сіл призвели до скорочення працюючих у сільськогосподарських організаціях з 1990 р. по 2025 р. приблизно в 5 разів (таблиця 2.2.). Продуктивність праці за той же період підвищився приблизно в 4 рази. На основі аналізу цих тенденцій у сфері змін кадрового ресурсу можна зробити висновок про дефіцит у сільськогосподарській галузі фахівців високої кваліфікації.

Тому на етапі вибору технології обробітку сільськогосподарської продукції, визначення складу машинно-тракторного парку та їх економічної оцінки необхідно враховувати витрати на навчання працівників, підвищення їхньої кваліфікації та соціально-житлові потреби.

Таблиця 2.2.

Дані про сільськогосподарські організації 1990-2025 р.р.

Показники	1990 р.	1995 р.	2015 р.	2020 р.	2025 р.
Кількість тракторів у парку, тис. од.	1369,5	1052,1	746,7	480,3	310,3
Середня потужність трактора у парку, к.с.	97,1	97,7	97,9	96,8	99,4
Площа ріллі, млн. га	131,8	127,6	119,7	116,1	115,3
Кількість зайнятих працівників у сільськогосподарських організаціях, тис. люд.	9530,9	6539,8	4547,1	2613,9	1900,0

Потреба в механізаторських кадрах під час обробітку зерна може бути скорочена шляхом застосування трьох методичних підходів:

Застосування більш енергонасиченої техніки;

перехід до ресурсозберігаючих технологій на базі мінімальної обробітку ґрунту та нульовий (no-till);

Застосування організаційно-технологічних заходів.

Переваги першого підходу очевидні та проілюстровані табл. 2.1, де застосування більш потужного та продуктивного трактора ХТА-200-10 призвело до скорочення потреби у кадрах від 16,7 до 31,3% для різних технологій.

Застосування другого підходу дозволяє знизити кількість трактористів у 1,5-2,5 рази. Третій підхід можливий при переході на

нульову обробіток ґрунту та передбачає розподіл зайнятих на сівбі кваліфікованих механізаторів та звільнених після його закінчення на інших роботах (транспортні, заготівля кормів, обприскування та ін.), тим самим знижуючи потребу механізаторів на 1000 га посівів зернових.

За сучасного підходу до агротехнологій потрібно порівнювати їх за рівнем інтенсифікації та ресурсного забезпечення. Сьогодні в країні близько 70% сільськогосподарських підприємств працюють за екстенсивною технологією виробництва сільськогосподарської продукції, і 48% - по Київській області. Екстенсивні технології розраховані на використання природної родючості ґрунтів. Частково збільшення врожаю досягається за рахунок впровадження нових сортів, проте, щоб домогтися збільшення врожаю, збільшення виробництва та вирощування високоякісного зерна необхідно обов'язково застосовувати інтенсивну агротехнологію. Сучасні сорти пшениці вимогливі до родючості ґрунтів, тому підтримки бездефіцитного балансу біогумусу необхідно внесення добрив по всій площі посівів.

Урожайність у варіантах з поверхневою обробкою ґрунту та оранки вирівнюється при використанні інтенсивних технологій з використанням мінеральних добрив та засобів захисту, але не залежно від системи обробітку ґрунту. Врожайність зернових культур збільшується в середньому на 46% (0,97 т/га) на тлі комплексної хімізації (добрива, пестициди).

Згідно з даними, зібраними за 9 років (2017-2025 рр.), середньорічні результати рослинництва з зернових для екстенсивної технології склали 37% від посівних площ і 31,5% валового збору зерна, для нормальної – 30% та 41,3% – 26% та 12,9% відповідно, що свідчить про перспективу використання інтенсивних технологій. Оскільки сільгосптоваровиробник зацікавлений у отриманні приросту прибутку, а інтенсифікація технологій, забезпечуючи приріст врожайності культур, є необхідною умовою нарощування виробництва зерна, у наших дослідженнях

розглядатимемо інтенсивні технології на основі різних варіантів обробітку ґрунту.

2.2. Теоретичне обґрунтування тривалості проведення польових робіт

Вплив тривалості проведення польових робіт на кінцевий збір продукту – одне з найбільш характерних рис сільськогосподарського виробництва.

Оскільки втрати врожайності змінюються пропорційно квадрату тривалості проведення польових робіт, то при скороченні термінів виконання робіт з посіву та збору врожаю відбувається збільшення отримуваної продукції та покращення її якості. З іншого боку, розтягування строків робіт призводить до великих втрат урожаю. Наприклад, порушення строків посіву ярої пшениці на один день призводить до втрати 0,9-38% продукції, а тривалість збирання у три-чотири тижні – до втрат приблизно третини продукції. За даними щорічні втрати зерна з цієї причини перевищують 10 млн т. Однак високий рівень урожаю – необхідний, але не достатній показник при виборі технологій та технічних засобів, оскільки існує потреба враховувати рівень витрат на одержання цього врожаю за заданою технологією.

Отже, крім оптимальних агротехнічних термінів проведення польових робіт, можна також виділити економічно доцільні терміни проведення польових робіт. Вони можуть бути більш розтягнутими порівняно з оптимальними термінами за умови рівності витрат. Економічно доцільні строки пов'язані із втратами врожаю через запізнення строків проведення польових робіт.

Крім цього, необхідно також враховувати *перекриваючі терміни*, проведення сільськогосподарських робіт з різних культур, оскільки збільшення тривалості одних робіт по окремій культурі впливає на строки проведення інших робіт з інших культур при близьких або однакових термінах їх проведення. Слід враховувати показники

інтенсивності втрат усіх робіт, які виконує кожен машинно-тракторний агрегат. Це стає особливо відчутним в умовах дефіциту машинно-тракторних агрегатів або кадрів механізаторів. Чим більша інтенсивність втрат урожаю за окремою операцією, тим точніше мають дотримуватися оптимальні терміни проведення сільськогосподарських робіт.

Однак дотримання жорстких агротехнічних термінів призводить до розростання парку та малого навантаження на сільськогосподарську техніку, що спричиняє збільшення витрат, пов'язаних з цією технікою. З'являється завдання – знайти умову, за якої втрати врожаю від порушення тривалості проведення робіт на посіві, догляду за ними та збиральними роботами забезпечують заданий рівень рентабельності при використанні того чи іншого набору техніки.

При вирішенні завдань, пов'язаних із визначенням оптимальної тривалості проведення польових робіт, необхідно мінімізувати сумарні витрати, пов'язані з втратами врожаю та витратами на техніку. Зазвичай, одна група витрат збільшується зі зростанням часу, іншу – зменшується. Геометрично цей процес можна представити двома залежностями, показаними на рис. 2.1. У цьому випадку залежність 1 відображає втрати врожаю, залежність 2 – витрати на техніку. При додаванні обох залежностей отримаємо третю залежність 3 – функцію витрат.

У минулому за розв'язання поставленого завдання залежність 2 відбивала витрати на реновацію машин, тобто. амортизацію (під амортизацією розуміється нарахування амортизаційних відрахувань). Однак амортизаційні відрахування можна вважати розподіленими витратами на нормативний (або прискорений) термін амортизації машини, які не єдині витрати на сьогоднішній день, що впливають на функцію витрат 3 (втрати врожаю, експлуатаційні витрати, у тому числі пально-мастильні матеріали, заробітна плата механізаторів, стоїть). (рис. 2.1.).

Одним з показником оцінки економічної ефективності техніки є сукупні витрати – «сума грошових коштів, що включає прямі експлуатаційні

витрати, а також значення збитку коштів від зміни кількості та якості продукції, умов праці обслуговуючого персоналу, від негативного впливу техніки на навколишнє середовище».

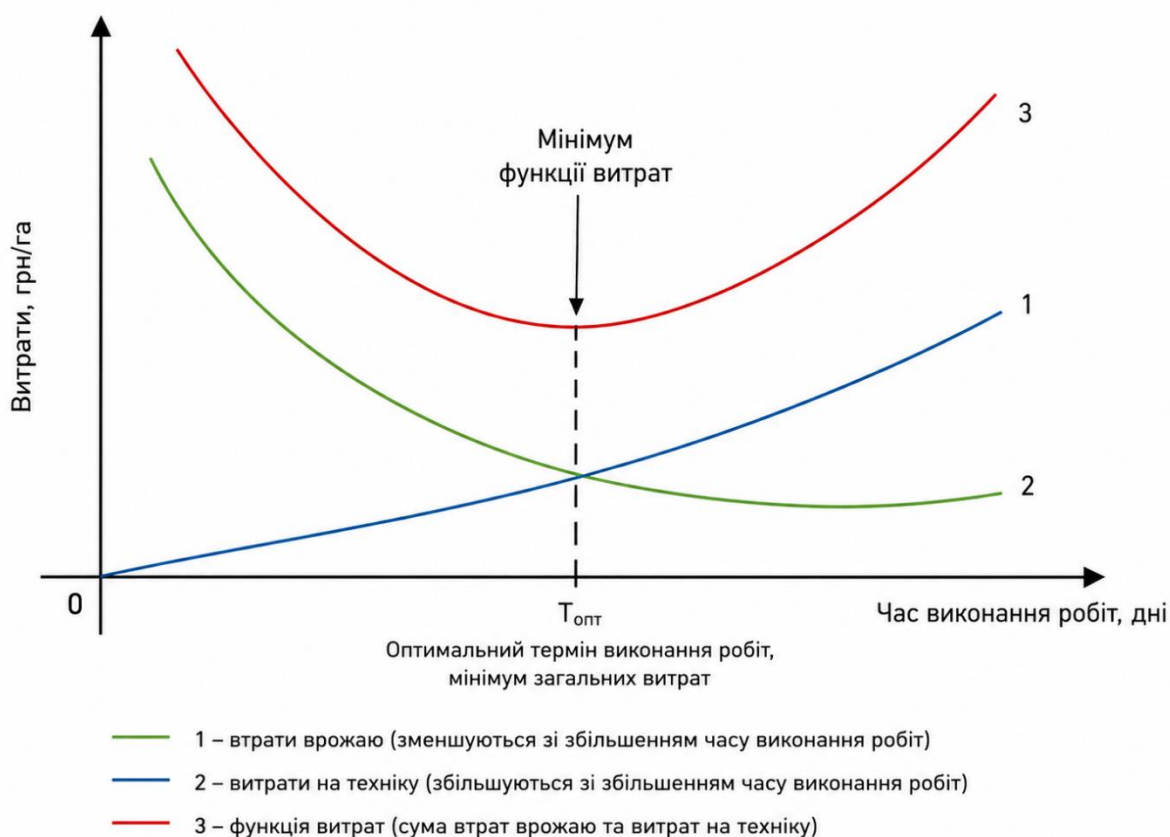


Рис. 2.1. Геометричне уявлення процесу визначення оптимального рішення (залежність 1 - втрати врожаю, залежність 2 - витрати на техніку, залежність 3 - функція витрат)

При визначенні економічної ефективності технічного забезпечення строків та оптимізації проведення польових робіт у сільськогосподарському підприємстві використовуються прямі експлуатаційні витрати та втрати врожаю. Цим забезпечується мінімальна собівартість продукції, що важливо в ринкових відносинах.

Прямі експлуатаційні витрати – це кошти, необхідні виконання машинами сільськогосподарської роботи, і які включають витрати на: заробітну плату, паливно-мастильних матеріалів, ремонт та технічне обслуговування, реновацію, витрати на основні та допоміжні матеріали. Експлуатаційні витрати поділяються на постійні та змінні. До перших

відносяться витрати на утримання будівель, податки та ін., до других – витрати на обслуговування, ремонт техніки, паливно-мастильні матеріали, допоміжні матеріали, оплата праці, соціальні відрахування та ін.

Розглянуто методики економічної оцінки, розроблені у провідних університетах світу. Однією з найбільш поширених є методика, розроблена Товариством інженерів сільськогосподарського виробництва (ASAE). Вона полягає в тому, що витрати на сільськогосподарську техніку діляться на щорічні витрати володіння, що не залежать від використання машини, та експлуатаційні витрати, що змінюються безпосередньо із тривалістю експлуатації машини (її старіння та знос). Щорічні витрати включають амортизацію, виплату відсотків (альтернативні витрати), податки, страхування, утримання та технічне обслуговування.

Відсотки – це відсоткові ставки під час використання позикових коштів у придбання техніки. Річна амортизація розраховується з економічного терміну служби машини та її ліквідаційної вартості наприкінці економічного (доцільного) терміну служби. Спільні витрати на амортизацію та проценти можуть розраховуватися з використанням коефіцієнта повернення капіталу, під яким мається на увазі сума, яку щорічно необхідно відкладати, щоб погасити відсотки та витрати через знецінення техніки. Оціночні витрати на амортизацію, альтернативні витрати, податки, страхування та розміщення сумуються, щоб знайти загальні витрати володіння. Експлуатаційні витрати (також звані змінними витратами) включають ремонт та обслуговування, витрати на паливо, мастило та оплату праці.

Методика університету штату Іллінойс, крім перерахованого вище, включає час роботи механізатора, і при розрахунку витрат (оплати праці) враховує, що час роботи механізатора перевищує річне завантаження техніки.

Інші методики, які були мною розглянуті, дещо відрізняються від

методики ASAE, але всі вони ґрунтуються на поділі витрат на дві категорії. Кожна методика має особливості, пов'язані з різними чинниками, як-от природно-кліматичні, агротехнологічні, загальноекономічні тощо.

У зв'язку з цим при визначенні функції витрат, яку необхідно мінімізувати для визначення оптимальної тривалості проведення польових робіт, слід враховувати не лише амортизаційні відрахування, а й інші витрати, які безпосередньо пов'язані з технікою (відсотки за кредитами, податки, зниження ринкової вартості та ін.).

2.3. Теоретичне обґрунтування структури машинно-тракторного парку

Сучасне сільськогосподарське виробництво великою мірою залежить від машин та організації їх роботи, особливо в умовах розробки нових та коригування наявних нормативів потреби в технічних засобах. Враховуючи необхідність раціонального використання наявної техніки, зміни в якісних та кількісних показниках машин, а також демографічні зміни у селах, завдання вибору техніки стає ще складнішим.

Потреба сільськогосподарських товаровиробників у техніці визначається шляхом вирішення задачі оптимізації складу машинно-тракторного парку.

Оптимізація складу машинно-тракторного парку дозволяє обґрунтувати витрати, необхідні для поповнення або поновлення парку техніки підприємства, визначити їхню величину. Для вирішення цього завдання розроблено різні економіко-математичні моделі, що дозволяють підібрати оптимальний варіант використання машинно-тракторного парку сільськогосподарського підприємства.

Завдання полягало у пошуку величини інтенсивності зайнятості машини безпосередньо роботі у заданий період. Причому повинні суворо дотримуватися заданих термінів проведення всіх технологічних робіт: у певні проміжки часу та у певній послідовності. Як обмеження

використовувалися такі умови: виконання заданого обсягу робіт у задані агротехнічні терміни, позитивна кількість машин та сума шуканих величин на всіх роботах у будь-якому періоді не повинна перевищувати кількості машин, що є в господарстві. У цьому вся методи оптимізація складу машинно-тракторного парку проводилася за мінімумом наведених витрат. У роки цей критерій вважався однією з передових.

Перевага цієї методики полягає у веденні розрахунків як для поновлення парку техніки сільськогосподарських підприємств, так і для його формування. Крім цього, методика дозволяє визначати оптимальні терміни проведення робіт, використання технічних засобів та ефективні технології. Як недолік можна відзначити, що завдання оптимізації не є завданням лінійного програмування в чистому вигляді.

Максимальні диференціальні витрати були отримані у випадку, коли роботи проводили спеціалізовані, оптимальні для конкретної роботи трактори, що пояснюється їх низьким річним завантаженням; мінімальні витрати були отримані під час використання одного з тракторів на всіх операціях.

Помічено, що можливі ситуації, коли вибір трактора, який виконує різні сільськогосподарські роботи, з погляду експлуатаційних витрат буде раціональним на одних та нераціональним на інших операціях. Тому, щоб оптимізувати склад машинно-тракторного парку, необхідно проводити його оцінку не за окремими сільськогосподарськими роботами, а по всьому комплексу робіт, що виконуються. З цією метою було розроблено методику обчислення диференціальних витрат для оптимізації складу машинно-тракторного парку, що враховує дефіцит трудових ресурсів та капіталовкладень.

У 1983 р був представлений метод наскрізного перегляду варіантів річних комплексів робіт, у якому оцінка та вибір технічних засобів як для однієї роботи, так і для їх комплексу здійснювалися через те, що витрати на сільськогосподарську техніку скорочуються за рахунок зменшення

потреби в механізаторах та недобору сільськогосподарської продукції. Як критерій оцінки технічних засобів використано вираження диференціальних витрат, розрахованих на 1 га.

Щоб підібрати склад машинно-тракторного парку, що забезпечує максимум доходу та виконання всіх заданих обсягів сільськогосподарських робіт та термінів їх проведення, було розроблено метод наскрізного перегляду варіантів. Цей метод дозволяє підібрати склад машинно-тракторного парку і план його використання, зіставляючи витрати на використання одного й того ж річного комплексу робіт різними сільськогосподарськими агрегатами. Цей метод був реалізований у 2013 році у вигляді програмного комплексу «Agro».

У 2015 р. запропоновано метод вибору технічних засобів, необхідних для виконання заданих сільськогосподарських робіт. У цьому методі враховуються вище розглянуті умови сільськогосподарського виробництва: економічно доцільні терміни проведення польових робіт та дефіцит кваліфікованих кадрів, який нині стоїть досить гостро. Для підбору машинно-тракторного парку використовуються критерії оптимуму: мінімум прямих експлуатаційних витрат і мінімум числа механізаторів. Задані терміни виконання сільськогосподарських робіт при цьому враховуються як обмеження поряд із заданим обсягом робіт, наявністю працездатної техніки та ін. Як критерій взято вираження експлуатаційних витрат. На основі цього методу та методики застосування технологій віддаленого доступу лягли в основу програми, web-додатку «АГРОТЕХ». Воно дозволяє підбирати раціональний склад машинно-тракторного парку в автоматизованому режимі, виходячи з умов сільськогосподарського підприємства.

Для підбору технічних засобів, необхідних виконання заданих сільськогосподарських робіт, розроблено математичну модель та алгоритм вибору альтернативних варіантів технічних засобів за сукупністю критеріїв мінімуму експлуатаційних витрат та мінімуму механізаторів.

Далі докладно розглянемо останні два методи.

2.3.1. Метод наскрізного перегляду варіантів річних комплексів робіт

Річним комплексом (набором) сільськогосподарських робіт називаються роботи, які виконуються машинно-тракторними агрегатами з одним і тим самим трактором заданої марки. Блок-схема алгоритму методу наскрізного перегляду варіантів подано на рис. 2.2.

Метод наскрізного перегляду варіантів річних комплексів робіт полягає у наступному:

Підготовляються дані господарства: про технології вирощування та збирання сільськогосподарських культур, про технічні засоби та їх показники, про структуру посівних площ, про сівозміни та ін.

На їх основі проводиться побудова базисного варіанта річного плану комплексу сільськогосподарських робіт – розраховується для машинно-тракторних агрегатів із найпотужнішою машиною на основі побудови графіків річного завантаження. Приклад графіка річного завантаження представлений рис. 2.3.

Проводиться розрахунок мінімального годинного вироблення заданого річного комплексу робіт шляхом підсумовування мінімальних величин часу виконання заданого комплексу робіт. Годинне напруження за рік для всього загону машин i -ї марки розраховується за формулою:

$$T_i = \sum_{l=1}^L T_{li}, \quad i = 1, \dots, I, \quad (2.1.)$$

де: T_i – годинний виробіток за рік для всього загону енергомашин i -ї марки, год.;

T_{li} – час виконання заданого технологічного річного комплексу робіт, 1 год.

Вибираючи високопродуктивні машинно-тракторні агрегати з енергопотужною машиною i при побудові базисного варіанта плану можна визначити мінімальне значення часу:

$$T_{li} = \sum_{j=1}^J T_j, \quad (2.2.)$$

де: T_j – час виконання роботи j у період t , год., що розраховується за формулою:

$$T_j = \sum_t T_{jt}, \quad j = 1, \dots, J \quad (2.3.)$$

$$T_{jt} = T_t l_{jts} \quad (2.4.)$$

Після підстановки отримуємо:

$$T_{li} = \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T T_t l_{jts} \quad s = 1, \dots, S \quad (2.5.)$$

Формуються комплекси технічних засобів для виконання сезонних річних комплексів робіт x_{li} – трактор i в зчипці з сільськогосподарськими машинами нами, необхідними для виконання заданого річного комплексу робіт j .

Визначається виробіток в умовних еталонних гектарах (у. е. га) P_{li} при виконання сезонних річних комплексів робіт базисного варіанти плану із заданим годинним навантаженням:

$$P_{li} = \sum_{j=1}^J P_j, \quad l = 1, \dots, L \quad (2.6.)$$

де: P_{li} – вироблення машини i при виконанні річного комплексу робіт l , в. е. га;

P_j - обсяг робіт j по всіх періодах t , що входять до комплексів робіт l , в. е. га.

$$P_j = W_{\text{ум.ет.га } js} T_j, \quad j = 1, \dots, J, \quad s = 1, \dots, S, \quad (2.7.)$$

Блок-схема алгоритму методу наскрізного перегляду варіантів річних комплексів робіт

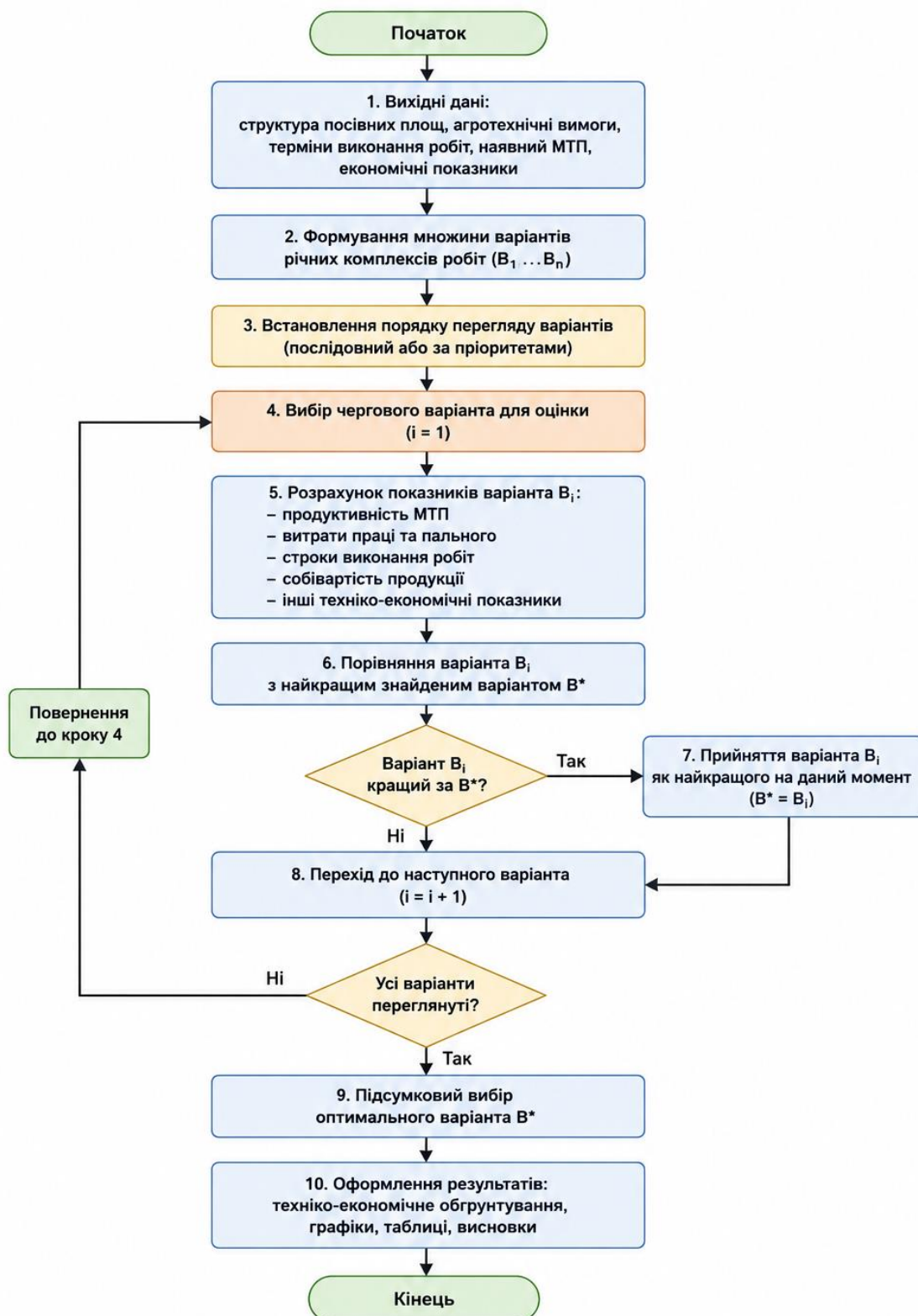


Рис. 2.2. Блок-схема алгоритму методу наскрізного перегляду варіантів річних комплексів робіт

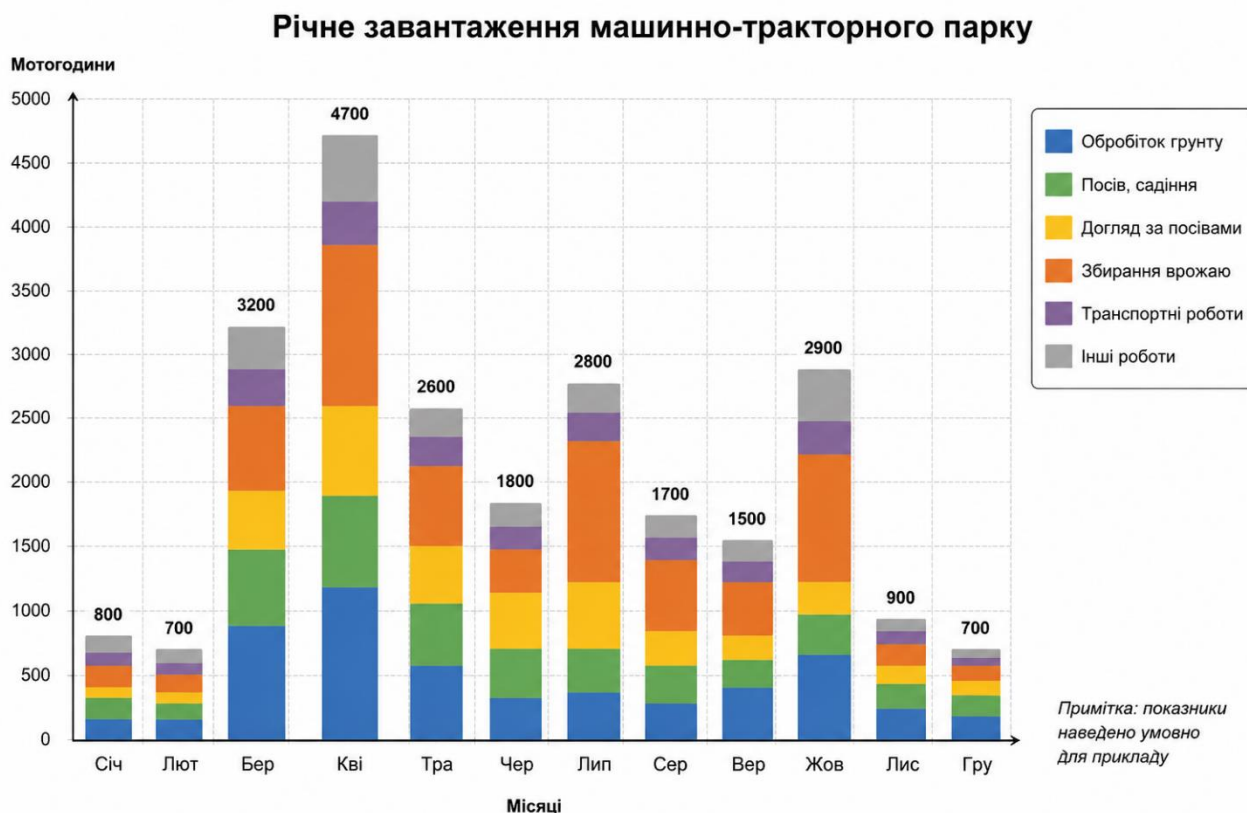


Рис. 2.3. Приклад графіка річного завантаження

де: $W_{\text{ум.ет.га } js}$ – продуктивність машинно-тракторного агрегату s на роботі j , в. ет. га/ годину;

$$W_{\text{ум.ет.га } js} = W_{js} k_{\text{ум.ет.га } j}, \quad (2.8.)$$

де: W_{js} – продуктивність у фізичних одиницях на годину.

Тоді вихідна формула (2.6.) набуде вигляду:

$$P_{li} = \sum_{j=1}^J W_{js} k_{\text{ум.ет.га } j} T_j, \quad (2.9.)$$

Вироблення ум. ет. га за весь рік для всього загону машин i -ї марки буде розраховуватися за формулою:

$$P_i = \sum_{l=1}^L P_{li}, \quad i = 1, \dots, I \quad (2.10.)$$

Розраховуються експлуатаційні витрати за річними комплексами робіт l , що виконуються заданими комплексами технічних засобів.

Розраховуються експлуатаційні витрати однією ум. ет. га по кожному річному комплексу робіт заданих комплексів технічних засобів:

$$C_{\text{ум.ет.га } li} = \frac{C_{li}}{P_{li}}, \quad (2.11.)$$

де: $C_{\text{ум.ет.га } li}$ - експлуатаційні витрати, що виникають у процесі виконання річного комплексу робіт l машиною i в умовних еталонних гектарах, грн./ум. ет. га;

C_{li} - експлуатаційні витрати, що виникають у процесі виконання річного комплексу робіт l машиною i , грн.

Виконується перевірка кількості річних комплексів робіт: якщо враховано все річні комплекси робіт, тобто. $l=L$, здійснюється перехід до наступного пункту, інакше розглядається наступний річний комплекс та виконуються обчислення.

Проводиться перевірка на обмеження кількості машин: якщо розрахунки проведені для всіх машин марки i , тобто $i=I$, виконується перехід до наступного пункту, інакше розрахунки продовжуються, повернувшись до формування комплексів технічних засобів для інших машин марки i .

Проводиться оптимізація вибору комплексів технічних засобів x_{li} . Комплекс технічних засобів вважається оптимальним, якщо йому відповідає мінімальне значення експлуатаційних витрат за одиницю виконаного об'єму. Якщо мінімальні значення витрат отримані для кількох машин, то вибирається потужніша.

Проводиться контроль за виконанням обмежень за обсягами робіт. Обсяг робіт з річного комплексу вважається невиконаним, якщо не виконується умова:

$$P_{li \max} - P_{li \min} < \varepsilon, \quad (2.12.)$$

де: $P_{li \max}$ - вироблення найпотужнішої машини i при виконанні річного комплексу робіт l , в. ет. га;

$P_{li \min}$ - вироблення для машини i при виконанні річного комплексу робіт l , що увійшла в оптимальний план, ет. га.

У разі, якщо машина включена в оптимальний план робіт, але

заданий обсяг робіт у базисному варіанті не виконується через мале завантаження наявного продуктивного машинно-тракторного агрегату, то будується новий варіант базового плану. У ньому враховуються невиконані обсяги робіт у першому варіанті плану та обсяги робіт, які не виконувались з машиною, для якої він будувався.

Якщо умова (2.12.) виконана, переходять до наступного пункту.

Для всіх комплексів машин, що входять в оптимальний склад машинно-тракторного агрегату, вважаються експлуатаційні витрати. При цьому виходять мінімальні експлуатаційні витрати за весь рік польових робіт по всьому машинно-тракторному парку, оскільки експлуатаційні витрати для введених в оптимальний план річного комплексу сільськогосподарських робіт технічних засобів мінімальні, отже, значення суми мінімумів буде мінімальною величиною.

Таким чином, на основі вихідних даних господарства (структури посівних площ, технології вирощування та збирання сільськогосподарських культур, показів машин, сівозмін, урожайності та ін.) вибираються оптимальні комплекси машин, технології вирощування та збирання сільськогосподарських культур. Технологія визначає перелік виконуваних операцій. У свою чергу, інформація про операції дозволяє сформулювати перелік і характеристики агрегатів, які можуть використовуватися при виконанні робіт. Критерій відбору техніки – максимум продуктивності МТА. Сформована таким шляхом інформація використовується надалі для оптимізації складів технологічних комплексів машин.

Особливість методу наскрізного перегляду варіантів полягає в інтерпретації графіка використання технічних засобів. У методі замість кількості машинно-тракторних агрегатів, значення якого через розрахунки може вийти дробовим, розглядається виконана частка річного завантаження. Отримані тут цілі значення частки завантаження – це кількість машинно-тракторних агрегатів, а дробова частина, що

залишилася, визначає роботи, які увійдуть до наступного річного комплексу. У зв'язку з цим при вирішенні задачі з'являється можливість розглядати лише цілу кількість машин для виконання будь-яких обсягів робіт.

Для кожної технології методом наскрізного перегляду варіантів розраховуються оптимальні варіанти машинно-тракторного парку, які задовольняють мінімум експлуатаційних витрат і мінімум потреби в кадрах механізаторів. У такому разі можуть виникнути дві ситуації: мінімум експлуатаційних витрат досягається за рахунок вибору найдешевшої техніки і, як правило, малопродуктивної, що збільшує кількість зайнятих механізаторів; мінімум потреби у кадрах механізаторів досягається шляхом вибору енергонасиченої високопродуктивної техніки, що призводить до високих експлуатаційних витрат. У цьому випадку виробникам сільськогосподарської продукції доводиться вибирати машинно-тракторний парк в інтервалі між цими ситуаціями залежно від того, на чому вони хочуть заощадити: на експлуатаційних витратах або кадрах механізаторів.

2.3.2. Математична модель та алгоритм вибору оптимального складу технічних засобів за сукупністю критеріїв

Метод оптимального вибору технічних засобів (без урахування потреби в автотранспорті та вантажних засобах), закладений у базі даних web-додатку, дозволяє підібрати технічні засоби з урахуванням обмежень щодо термінів виконання сільськогосподарських робіт у заданому обсязі, наявності необхідної кількості працездатної техніки та кваліфікованих механізаторів.

Оптимальним складом машинно-тракторного парку називається такий парк тракторів та сільськогосподарських машин, який необхідний для виконання всіх заданих обсягів робіт у оптимальні терміни їх

проведення за умов двох мінімумів: прямих експлуатаційних витрат та числа механізаторів, зайнятих у роботах.

Нижче наведено математичну модель вибору технічного забезпечення обробітку зерна в умовах ресурсних обмежень. Критерій мінімуму прямих експлуатаційних витрат визначається виразом (2.13.):

$$\sum_{g=1}^G \sum_{p_g=1}^{P_g} \sum_{r=1}^{R_{p_g}} \sum_{a=1}^{A_r} (Gsm_{ar} \cdot Ga_{arp_g} \cdot C \cdot k_a + AT_{arp_g} + AC_{arp_g} + TOT_{arp_g} + TOC_{arp_g} + CM_{arp_g} \cdot \text{ЧМ}_{arp_g} \cdot H_{arp_g} \cdot \left(1 + \frac{O_{rp_g}}{100}\right)) = F_1 \rightarrow \min \quad (2.13.)$$

де: G - робоча група;

P_g - періоди, на які розбиті технологічні операції, що входять в g -ю групу;

R_{p_g} - технологічні операції, що увійшли до p_g -й період;

A_r - загальна кількість агрегатів, які виконують роботу r , т.;

Gsm_{ar} - витрата ПММ a -го агрегату на r -ї роботи, кг/га;

Ga_{arp_g} - обсяг робіт, що виконуються агрегатом a на роботу r у період p_g , га;

C - вартість паливно-мастильних матеріалів, грн./кг;

k_a - коефіцієнт обліку вартості паливно-мастильних матеріалів (вітчизняної техніки - 1,1; зарубіжної - 1,25);

AT_{arp_g} , AC_{arp_g} - витрати на амортизацію (під амортизацією розуміється нарахування амортизаційних відрахувань) для трактора та сільськогосподарської машини агрегату a на роботі r у період p_g , грн.;

TOT_{arp_g} , TOC_{arp_g} - витрати на техобслуговування та ремонт для трактора та сільськогосподарської машини агрегату a на роботу r у період p_g , грн.;

CM_{arp_g} - Ставка заробітної плати механізатора, що працює на агрегаті a на роботу r у період p_g , грн./зміна;

H_{arp_g} - норма виробітку агрегату a при виконанні роботи r у період

p_g , зміна;

O_{rp_g} - соціальні відрахування за виконання роботи r у період p_g , %.

Критерій мінімуму за кількістю механізаторів визначається виразом:

$$\sum_{g=1}^G \sum_{p_g=1}^{P_g} \sum_{r=1}^{R_{p_g}} \sum_{a=1}^{A_r} \text{ЧМ}_{arp_g} = F_2 \rightarrow \min. \quad (2.14.)$$

При цьому має виконуватись ряд обмежень, виражений формулами (2.15.) - (2.18.):

$$\sum_{r \in R_{p_g}} \sum_{a=1}^{A_r} b_{ar}^t \cdot x_{arp_g} \leq x_t, \quad \sum_{r \in R_{p_g}} \sum_{a=1}^{A_r} b_{ar}^s \cdot x_{arp_g} \leq x_s, \quad (2.15.)$$

де: A_r – загальна кількість агрегатів, які виконують роботу r , шт.;

b_{ar}^t, b_{ar}^s – кількість тракторів та сільськогосподарських машин марок t і s в агрегаті a , виконує роботу r ;

x_t, x_s – кількість тракторів та сільськогосподарських машин марок t і s даного господарства.

$$\sum_{p_g=1}^{P_g} \sum_{a=1}^{A_r} SR_{ar} \cdot x_{arp_g} - \min_{a \in A_r} SR_{ar} < Sg_r. \quad (2.16.)$$

де: SR_{ar} – продуктивність агрегату a на роботі r , га/зміна;

x_{arp_g} – кількість агрегатів a , необхідні для виконання роботи r в період p в групі g , шт.;

Sg_r – обсяг роботи r , га.

$$x_t \geq 0; x_s \geq 0; x_{arp_g} \geq 0; \text{ЧМ}_{arp_g} \geq 0; (r \in R_{p_g}), \quad (2.17.)$$

де: ЧМ_{arp_g} - число механізаторів агрегату a , необхідних для виконання роботи r у період p_g

$$\sum_{p_g=1}^{P_g} \sum_{a=1}^{A_r} SR_{ar} \cdot d_{rp_g} \cdot x_{arp_g} = Sg_r. \quad (2.18.)$$

де: d_{rp_g} - тривалість роботи r у період p в групі g , дні.

Блок-схема алгоритму підбору оптимального складу технічних засобів представлена рис. 2.4.

Підбір оптимального складу технічних засобів полягає в наступному:

1. Підготовляються вихідні дані (площі полів, технологічні операції; строки проведення робіт; інформація щодо машинно-тракторних агрегатів,

включаючи норми виробітку за операціями; витрата паливно-мастильних матеріалів; інформація про несправності машин; розряди та ставки механізаторів та робітників; культури; засоби захисту; добрива та ін.).

Усі технологічні операції, які необхідно виконати, упорядковані.

чуються за датами початку та закінчення робіт.

Усі роботи перевіряються на перетин термінів їх виконання: якщо поточна робота закінчується раніше, ніж починається наступна, то виділяється нова розрахункова група робіт (рис. 2.5.). Для всіх технологічних операцій визначаються такі розрахункові групи (далі групи), вони позначаються через $g = 1, \dots, G$.

Проглядаються всі групи, починаючи з першої, та по порядку. Перед положимо, що всі роботи, що входять до поточної групи, входять в один розрахунковий період (далі період). Якщо в періоді, що розглядається, терміни виконання якої-небудь роботи перетинаються з роботою, то виділяється новий період.

Далі визначаються для всіх технологічних операцій, що входять до групи, періоди. Вони позначаються через $p_g=1, \dots, P_g$ (рис. 2.5.).

Проводиться вибір варіантів для кожного періоду, починаючи з 1-го до P_g .

Розглядаються технологічні операції, що увійшли до p_g -й період і позначені через $r = 1, \dots, R_{p_g}$. Для них підбираються всі можливі варіанти розподілу техніки за дотримання низки обмежень:

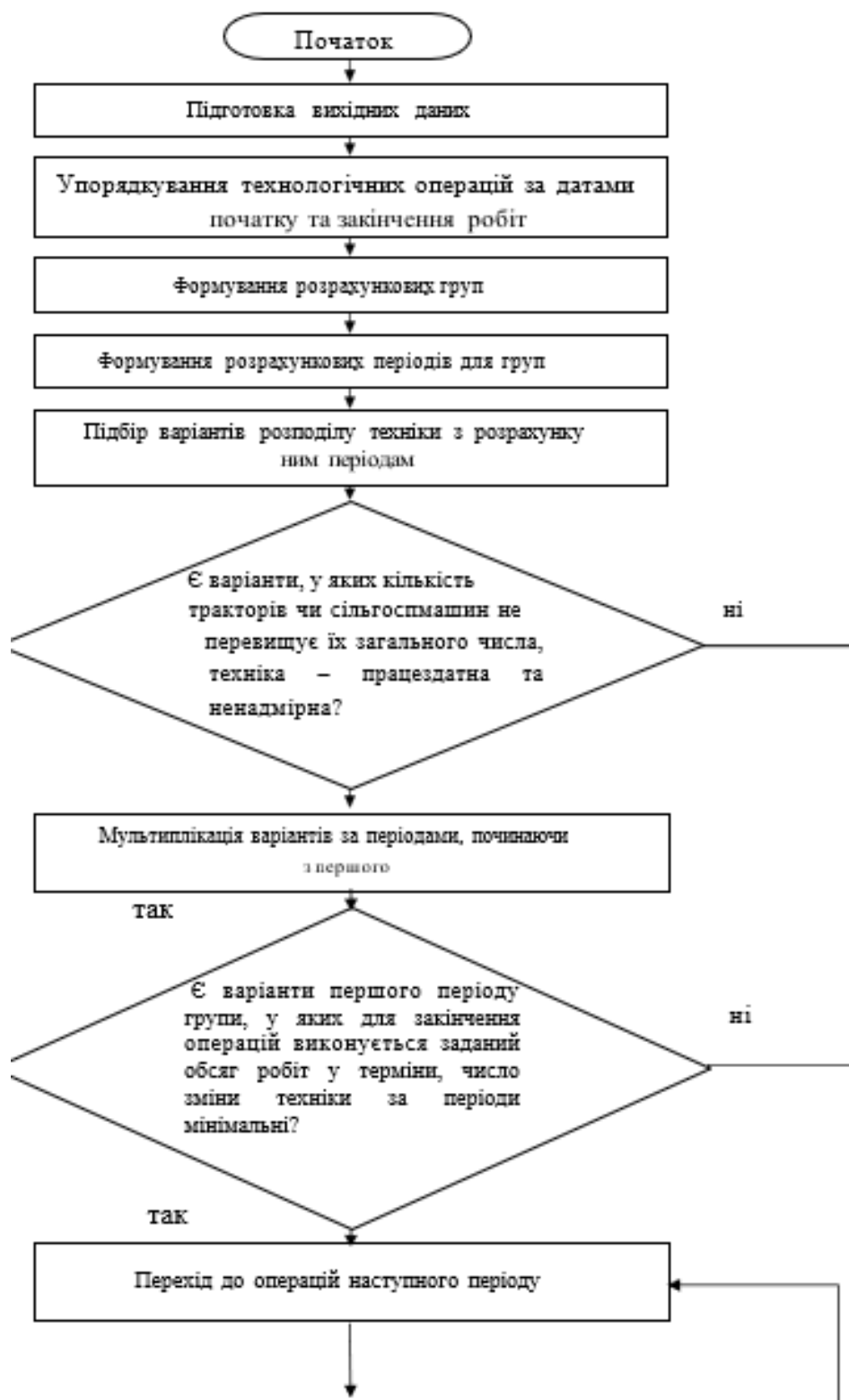


Рис. 2.4. Блок-схема алгоритму вибору технічного забезпечення обробітку зернових культур за сукупністю критеріїв мінімуму експлуатаційних витрат та числа механізаторів

Ілюстрація методу визначення розрахункових груп та періодів

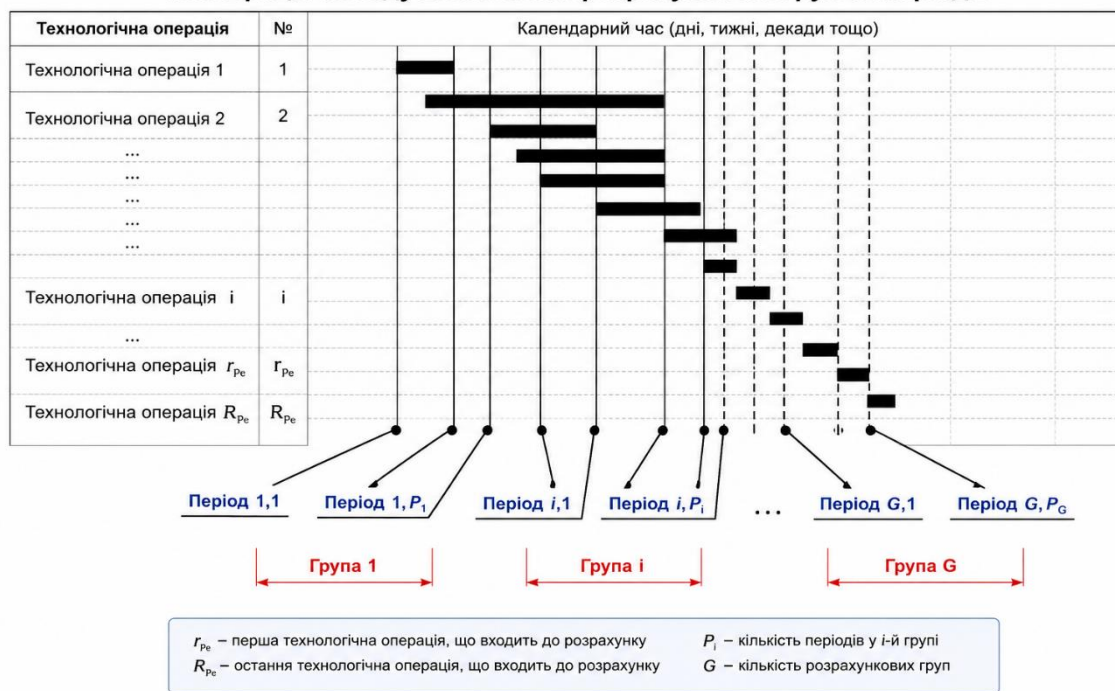


Рис. 2.5. Ілюстрація методу визначення розрахункових груп та періодів

- число тракторів і сільськогосподарських машин, необхідних для виконання заданого обсягу на роботах у періоді з номером p_g , не повинно перевищувати їх загальну кількість (формула (2.15.));
 - під час виконання технологічних операцій техніка повинна бути роботоздатною;
 - має виконуватися умова надмірності техніки, тобто, виконання понад заданий обсяг робіт не повинно бути (формула (2.16.));
 - значення мають бути невід'ємними (формула (2.17.)).
- Проводиться мультиплікація варіантів двох сусідніх періодів g -ї групи, $p_g i$ $p_g + 1$, починаючи $p = 1$.

Перевіряються всі операції, що закінчилися, що увійшли в період $p_g = 1$ на виконання умов:

Виконання заданого обсягу робіт у встановлені терміни (формула (2.18.));

Мінімальна кількість зміни техніки за періодами.

Розглядаються всі операції, що увійшли у період $p_g + 1$. Усі операції, які закінчилися у цьому періоді, перевіряються на виконання умов:

Виконання обсягу робіт у встановлені терміни, формула (2.18.):

Мінімальна кількість зміни техніки за періодами. Незакінчені операції перевіряємо на виконання умов:

- наявність мінімальної кількості техніки, необхідної для виконання заданого обсягу робіт;
- відсутність надлишків техніки під час роботи у аналізованих періодах.

Отримані варіанти, що задовольняють умовам, використовуються для мультиплікації з варіантами наступного періоду тощо. Поки не будуть розглянуті всі періоди з 1-го до p_g , повторюється попередній крок, інакше здійснюється перехід до наступного кроку.

Наприкінці групи для отриманих варіантів проводиться підбір механізмів з урахуванням їхньої кваліфікації. У разі недостатності кількості механізмів необхідного розряду проводиться підбір механізмів вищої кваліфікації. Розглянутий варіант складу машинно-тракторного парку відкидається у разі відсутності необхідної кількості механізмів.

Для отриманих на попередньому етапі варіантів проводиться розрахунок прямих експлуатаційних витрат.

Далі вибираються варіанти, які задовольняють критеріям двох мінімумів: мінімум прямих експлуатаційних витрат за формулою (2.17.) та мінімум числа механізмів за формулою (2.18.).

Таким чином, виконується підбір варіантів розподілу техніки та механізмів по всіх групах з 1-ї до G. За отриманими варіантами, оптимальними за критеріями мінімумів та задовольняючими накладеними обмеженнями, проводиться мультиплікація. Отримане в результаті розрахунків рішення є оптимальним за критеріями мінімуму

прямих експлуатаційних витрат та мінімуму механізаторів.

Кожен із варіантів має значення залежностей F_1 – прямі експлуатаційні витрати, та F_2 – кількість механізаторів. Вибір варіантів за мінімумами прямих експлуатаційних витрат та кількості механізаторів здійснюється наступним чином:

вибирається варіант із мінімальним значенням прямих експлуатаційних витрат, за ним фіксується значення залежностей F_2 ;

варіанти, у яких кількість механізаторів перевищує зафіксоване значення, що виключаються;

з варіантів, що залишилися, вибирається варіант з мінімальною кількістю механізаторів, за ним фіксується значення залежностей F_1 ;

варіанти, у яких прямі експлуатаційні витрати перевищують зафіксоване значення, виключаються;

варіанти, що залишилися, задовольняють критеріям мінімумів залежностей F_1 та F_2 .

Підбір оптимальної структури машинно-тракторного парку для обраних технологій слід проводити з використанням методів, що дозволяють розраховувати склад машинно-тракторного парку на основі економічної оцінки (зокрема, експлуатаційних витрат), не забуваючи при цьому про обмеження, що накладаються, за термінами виконання робіт і кількісним і якісним складом.

Таким чином, підбір оптимального машинно-тракторного парку є багатокритеріальним завданням, вирішення якого необхідно шукати в багатовимірному просторі аргументів, функцій і функціоналів, що мають місце при виробництві сільськогосподарської продукції. Відмінною ознакою сьогоденного підходу у завданнях сільського господарства є розвиток та застосування інформаційних технологій, які дозволяють обробляти великі обсяги неструктурованих даних, вирішувати виробничі завдання, оптимізувати управління технологічними та організаційними процесами.

РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Програма досліджень

Для досягнення мети дослідження в даній роботі поставлено завдання з обґрунтування, виявлення взаємозв'язку та оцінки економічної ефективності варіантів технологій та технологічного забезпечення. Для виконання поставлених завдань та підтвердження теоретичних положень розроблено програму досліджень, яка передбачає проведення робіт з розрахунку машинно-тракторного парку, економічну оцінку та обґрунтування вибору альтернативних варіантів технічних засобів.

Програма досліджень передбачає проведення робіт у кілька етапів: вибір та обґрунтування методів проведення досліджень; підготовка вихідних даних та підбір оптимальних машинно-тракторних парків для різних технологій за допомогою вибраних методів; оцінка одержаних результатів та перевірка теоретичних положень.

Програма досліджень включає наступне:

1. Вибір методів підбору оптимального складу машинно-тракторного парку, що відповідають вимогам виконання строків проведення польових робіт, в основі яких лежить обґрунтування структури машинно-тракторного парку за економічною оцінкою, та методики розрахунку економічних показників.
2. Вибір господарства, розташованого Київській області, основним напрямом якого є зернове виробництво з площею понад 3000 га.
3. Формування вихідних даних для обраних технологій, необхідних для розрахунку складу машинно-тракторного парку та оцінки економічної ефективності.
4. Розрахунок та вибір альтернативних варіантів технічних засобів для кожної з вибраних технологій за допомогою програмного забезпечення.
5. Оцінка економічної ефективності розглянутих технологій та машинно-тракторного парку
 - а. У цьому дослідженні будемо розглядати три технології обробітку

зернових культур: інтенсивна на базі відвальної обробки ґрунту, інтенсивна на базі мінімальної обробки ґрунту та інтенсивна на базі нульової технології (т).

3.2. Обґрунтування вибору методів підбору оптимального складу машинно-тракторного парку

Відповідно до проведеного аналізу методів обґрунтування структури машинно-тракторного парку необхідно використовувати методи, які враховують дефіцит кваліфікованих механізаторів та забезпечать виконання заданого обсягу робіт у встановлені терміни за мінімальних експлуатаційних витрат на вирощування зерна. Метод наскрізного перегляду варіантів річних комплексів робіт передбачає використання тракторів у всьому річному комплексі робіт, враховує необхідність виконання заданого обсягу робіт у встановлені терміни та розглядається як відомий метод як підтвердження достовірності результатів розрахунків.

Проте технічна політика на сьогоднішній день змінилася: з'явилися енергонасичені трактори, що використовуються на посівних роботах. Для цієї техніки потрібні висококваліфіковані механізатори. У зв'язку з цим для виконання розрахунків застосовується метод, заснований на розробленій математичній моделі та алгоритмі вибору оптимального складу технічних засобів, що враховує не лише потребу в механізаторах, а й їхню кваліфікацію, розглядається як виконання розрахунків дослідження. Обидва методи реалізовані у вигляді програмного забезпечення, що забезпечує зручність їх застосування.

3.3. Обґрунтування вибору господарства для моделювання

Ґрунтуючись на господарській діяльності, рівні інтенсифікації технологій, обсязі виробництва зернових культур, розташованості Київської області для досліджень вибрано ТОВ «Світоч» як представницьке господарство, що знаходиться на нормальному рівні технологій, щоб на його прикладі дослідити ефективність переходу від нормальних технологій до інтенсивних.

Розрахунок машинно-тракторного парку, економічних показників для вибраних технологій проводитиметься на прикладі представницького господарства ТОВ «Світоч», розташованого в Київській області.

3.3.1. Характеристика господарства

Структура сільськогосподарських угідь представлена Таблиці 3.1.

Таблиця 3.1.

Структура сільськогосподарських угідь

Вид угідь	Площа, тис. га	Частка, %
Рілля	1450	78,5
Сіножаті	132	7,1
Пасовища	185	10,0
Багаторічні насадження	63	3,4
Перелоги	18	1,0
Разом	1848	100

Основний напрямок сільськогосподарської діяльності – зернове виробництво, але водночас здійснюється діяльність за такими неосновними напрямками: розведення свиней, овець та кіз, великої рогатої худоби; вирощування кормових культур, заготівля рослинних кормів; виробництво борошна із зернових та рослинних культур та готових борошняних сумішей та ін.

Для приймання, підробітку та зберігання зерна є велике струмове господарство. На території розташовано вісім містких складів, три критих майданчики, сушільний комплекс та чотири зерноочисні агрегати. У ремонтній майстерні виконуються ремонтні роботи сільгоспінвентарю, тракторів та комбайнів.

3.3.2. Ґрунтово-кліматичні умови

Господарство розташоване в межах південно-західної частині Київської

області. Територія є плоскі слабодреновані рівнини. Структура ґрунтового покриву господарства представлена переважно чорноземами звичайними у комплексі з чорноземами звичайними солонцюватими за зниженими елементами рельєфу.

У господарстві проводився аналіз відібраних зразків ґрунтів на ряд показників, таких як наявність у ґрунті поживних елементів. В результаті було виявлено, що вміст нітратного азоту в шарі ґрунту 0-40 см сильно варіюється, але більша частина обстежених угідь характеризується низьким ступенем забезпеченості рослин доступним азотом, який випробовуватиметься в процесі вегетації. Проведений аналіз показав середню забезпеченість фосфором (на більшій частині обстежених угідь).

Територія господарства розташована на межі двох агрокліматичних підрайонів: помірно-теплий слабо зволожений та теплий слабо зволожений. Для території характерна невелика кількість опадів та їх нерівномірний розподіл за сезонами року. Річна кількість опадів у середньому дорівнює 375-400 мм, за травень-червень - близько 75 мм, за травень-вересень - близько 210 мм. У травні- червні можливі повітряні посухи.

3.4. Методика формування вихідних даних

Вихідні дані, необхідні розрахунку складу машинно-тракторного парку та оцінки економічної ефективності, формуються з даних господарства як таблиць у файлі формату *.doc чи *.xls.

Формується таблиця з культур з наступними стовпцями: назва культури; норма висіву, млн. зерен/га; маса 1000 зерен, г; насіння на га, кг.

Формується таблиця з технологічних операцій для всіх розглянутих технологій: назва, розряд робіт, одиниця виміру.

Формується таблиця за тарифними ставками механізаторів: розряд; ставка, грн.

Формується таблиця з податків та доплат: назва; значення, %;

Формується таблиця за цінами на ПММ та електроенергію: вид палива;

вартість, грн.;

Формуються таблиці з технічних засобів: найменування; наявність у господарстві, шт.; балансова вартість, грн.; відсоток амортизації, %; відсоток на технічне обслуговування та ремонт, %; нормативне річне завантаження, ч.; тип трактора, колісний/гусеничний; походження, вітчизняний/закордонний.

Формується таблиця з агрегатів: назва агрегату; кількість сільськогосподарських машин, шт.; вид палива; технологічні операції, котрим призначений агрегат; продуктивність, га/год.; витрата ПММ, кг/га (або електроенергії, кВт/год.)

Формується таблиця за механізаторами: ПІБ, розряд, трактори та комбайни, закріплені за ним.

3.5. Методика розрахунку експлуатаційних витрат на обробіток зерна

Як основні показники економічної оцінки виконання технологій беруться витрати праці та ресурсів, вартість валової продукції та її збільшення при застосуванні агроприйому, собівартість одержуваної продукції на 1 га посівів, рентабельність та дохід з га площі. Для практичної реалізації технологій вирощування зернових культур необхідно також враховувати ресурсно-економічні показники технологій, що розробляються, вибирати економічно більш вигідні та продуктивні варіанти та пропонувати їх сільгосптоваровиробникам. На сучасному етапі екстенсивного ведення зернового виробництва важливого значення набувають показники ресурсозбереження та трудових витрат.

На сьогоднішній день на багатьох підприємствах, які займаються сільськогосподарським виробництвом, можна відзначити значну нестачу кваліфікованих механізаторів. Отже, при виборі технологій, засобів механізації та їх економічної оцінки необхідно враховувати вартість робочої сили (витрати на підготовку, підвищення кваліфікації, соціально-житлове обладнання). Ці витрати повинні бути відображені в експлуатаційних витратах відповідно до

нормативного завантаження механізаторів у циклі сільськогосподарських робіт, особливо у випадках збільшення обсягів виробництва та впровадження нової техніки.

Економічна ефективність застосування технологій та засобів

механізації в сучасному світі більшою мірою визначається не експлуатаційними витратами, а додатковим ефектом, що отримується в результаті звільнення робочої сили (механізаторів), що сприяє скороченню витрат на соціальну сферу, підвищенню якості робіт і зростанню врожайності шляхом підвищення якості продукції.

Прямі експлуатаційні витрати виробництва – це кошти, необхідні для виконання машинами сільськогосподарської роботи, які включають витрати на: заробітну плату, паливно-мастильних матеріалів, ремонт та технічне обслуговування, реновацію, витрати на основні та допоміжні матеріали.

Прямі експлуатаційні витрати розраховуються за формулою згідно з ГОСТ Р 53056-2008. Техніка сільськогосподарська. Методи економічної оцінки»:

$$I=3+\Gamma+P+A+\Phi, \quad (3.1.)$$

де 3 - Витрати заробітну плату працівників, грн./Од. напрацювання;

Γ - Витрати на пально-мастильні матеріали, газ, електроенергію, грн./од. напрацювання;

P - Витрати ремонт і технічне обслуговування, грн./од. напрацювання;

A - Витрати на амортизацію, грн./од. напрацювання;

Φ - інші прямі витрати на основні та допоміжні матеріали, грн./Од. напрацювання.

Витрати на заробітну плату механізаторів та робітників вважають за формулою

$$3 = \frac{1}{W_{3M}} L \tau K_2, \quad (3.2.)$$

де L - число працівників, люд.;

W_{3M} – продуктивність за 1 година зміни, од. напрацювання;

τ - заробітна плата працівників, грн./люд.-год;

K_2 - коефіцієнт нарахувань на зарплату при різних формах оподаткування кладення.

Витрати на пально-мастильні матеріали, газ та електроенергію вважаються за формулою:

$$\Pi = q_{\Pi} \Pi_{\Pi} K_{\text{з.м.м}}, \quad (3.3.)$$

де q_{Π} – питома витрата палива, газу, електроенергії, кг/од. напрацювання, м³/од. напрацювання, кВт·год./од. напрацювання;

Π_{Π} - Ціна одиниці палива, грн./кг, грн./м³, грн./кВт·год.;

$K_{\text{з.м.м}}$ – коефіцієнт обліку вартості мастильних матеріалів.

Витрати на ремонт та технічне обслуговування техніки вважають за формулою

$$P = \frac{Br_p}{W_{\text{зм}} T_2}, \quad (3.4.)$$

де B - вартість техніки (без ПДВ), грн.;

r_p - коефіцієнт відрахувань на ремонт та технічне обслуговування техніки;

$W_{\text{зм}}$ - продуктивність агрегату за годину експлуатаційного часу, од. напрацювання;

T_2 - річне зональне фактичне завантаження техніки, год.

Витрати коштів на амортизацію техніки вважають за формулою

$$A = \frac{Ba}{W_{\text{зм}} T_2}, \quad (3.5.)$$

де a - коефіцієнт відрахувань на амортизацію техніки.

Інші прямі витрати на основні та допоміжні матеріали вважають за формулою:

$$\Phi = \sum_i h_i \Pi_{m_i}, \quad (3.6.)$$

де h_i – питома витрата виду матеріалу i , Кг/од. напрацювання, м/од. напрацювання, шт./од. напрацювання;

Π_{m_i} – вартість одиниці виду матеріалу, що витрачається i , грн.

Одним з показників оцінки ефективності техніки в є сукупні витрати – «сума грошових коштів, що включає прямі експлуатаційні витрати, а також

значення збитку коштів від зміни кількості та якості продукції техніки, оточуючого впливу техніки на оточення. Критерій «сукупні витрати» застосовують у разі оцінки технологій та техніки з народногосподарської ефективності. У ринкових умовах сільгосптоваровиробник прагне отримати якомога більше продукції з найменшою (обмеженою) собівартістю, що забезпечує мінімум прямих експлуатаційних та виробничих витрат.

На сьогоднішній день, щоб визначити ефективність виробництва продукції рослинництва в умовах ринку та його конкурентоспроможність, необхідно оцінити рівень прибутку, одержуваного підприємством. Для цього необхідно розрахувати собівартість виробленої продукції, виражену в експлуатаційних, та оцінити технології вирощування культур. Прямі експлуатаційні витрати включають витрати на заробітну плату працівників, паливно-мастильні матеріали, відрахування на реновацію та ремонти, запасні частини тощо. До прямих витрат також відносяться витрати на насіння, засоби хімічного захисту рослин, органічні та мінеральні добрива, які формуються, виходячи із встановлених економічних нормативів та цін на ці ресурси, що використовуються, застосовуваних технологій вирощування та збирання сільськогосподарських культур. Витрати на насіння, засоби захисту рослин та добрива вважаються як добуток вартості одиниці матеріалу (ціна насіннєвого матеріалу, грн./кг, ціна на засоби захисту та добрива, грн./кг) на норму його витрати.

До повної собівартості механізованих робіт, крім перерахованого вище, може входити оцінка дефіциту кількості механізаторів та втрат урожаю. Таким чином, при порівнянні роботи сільськогосподарських машин та агрегатів за обраними технологіями необхідно визначити собівартість операцій за прямими експлуатаційними витратами.

3.6. Методика розрахунку та обґрунтування вибору альтернативних варіантів

1. Проводиться розрахунок із застосуванням програмного комплексу «Агро», реалізує метод наскрізного перегляду варіантів річних комплексів робіт на укрупнених даних господарства для отримання попередніх розрахунків.

2. Підготовка вихідних даних для моделювання. Для цього в редакторі баз даних, представленому у вигляді web-додатка і що є частиною програмного комплексу «ПІКАТ», вибирають по порядку внесення даних вкладки «Культури», «Технологічні операції», «Техніка» (складається з вкладок «Трактори та комбайни», «Сільськогосподарські машини», «Агрегати», «Агрегати»), «Податки та доплати», «Ціни на ПММ та електроенергію». Щоб додати дані до кожної з перелічених вкладок, необхідно заповнити порожні поля, вносячи відповідну інформацію. Для агрегатів вказується на яких технологічних операціях вони можуть бути використані.

3. З технологічних операцій формуються урізані варіанти технологічних карт за трьома технологіями (для інтенсивної технології на базі відвального обробітку ґрунту, на базі мінімальної обробки та no-till). Для цього для кожної технології створюється порожня технологічна карта у відповідному вікні програмного комплексу «ПІКАТ» – «АГРОТЕХ» шляхом додавання технологічних операцій зі списку, сформованого на попередньому кроці, крім того, вказується тривалість зміни в годинах, розряд робіт, обсяг робіт у га.

1. Запускається виконання розрахунків – моделювання варіантів складу технічних засобів. В результаті розрахунку на екран виводяться варіанти підбору машинно-тракторного парку, які зберігаються програмою у вигляді електронних технологічних карт. Для подальших розрахунків технологічні карти експортуються з програми до файлу програми MS Excel у форматі *.xls або *.xlsx. Файл складається з таблиць, що містять витрати,

розраховані згідно з методикою розрахунку витрат на обробіток зерна. Витрати наведено по кожному агрегату окремо.

3. Для кожної технологічної карти та кожної технологічної операції з допомогою засобів середовища MS Excel підсумовуються витрати по агрегатах: витрата ПММ, відрахування на амортизацію та технічне обслуговування, заробітна плата. З одержаних розрахунків формується таблиця витрат за технологією. Зі списку агрегатів формується таблиця технічних засобів, необхідних для виконання заданої технології, зі списку зайнятих механізаторів визначається їхня кількість, необхідна для виконання заданої технології.

1. Розрахунок витрат на хімізацію та добрива виконується за формулою (3.4.6) на основі усередненої ціни на препарати, взятої з сайтів 2025 р.

2. Пункти 2-6 виконуються для кожної з цих інтенсивна технологій на базі відвальної обробки ґрунту, мінімальної обробки ґрунту та нульової (no-till).

3.7. Методика оцінки економічної ефективності

Тривалість посіву пшениці, становить 12 днів, при цьому середня врожайність у становить близько 20 ц/га. У роботі запропоновано тривалість посіву пшениці – 10 днів. Скорочення строків посіву доцільно у зв'язку з весняними повітряними посухами, що трапляються у вибраній зоні, та втратами врожаю на збиранні при збільшенні строків (у посушливі роки втрати врожаю особливо значні).

Крім того, є приклад приватного господарства, розташованого в тому ж районі, що й господарство, взяте для моделювання. За схожих природно-кліматичних умов, парку техніки комбайнів і тракторів марок John Deere, Claas, Case, середня врожайність пшениці становила 32 ц/га у 2020 р. та 40,1 ц/га у 2025 р. (16,1 2,1 2,1 2,1 2,2 10,2 16,2 16,2 16,2 1/2, 16,2 1/2, 16,2 1/2, 16,2 1/2, 16,2 1/2, 16,2) ц/га у 2025 р.).

У зв'язку з цим передбачається недостатня забезпеченість господарства кваліфікованими механізаторами та тракторами для виконання заданих обсягів робіт для посіву пшениці у 10 днів.

Оцінка економічної ефективності розглянутих технологій та машинно-тракторного парку визначається прямими експлуатаційними витратами, собівартістю та потребою в механізаторських кадрах на 1000 га посівів зернових.

Собівартість 1 ц продукції для кожної технології визначається розподілом суми витрат на обробіток зерна в розрахунку на 1 га, отриманих в результаті розрахунків, на валовий збір продукції, отриманий з врожайності зернових та площ посіву з урахуванням табличного коефіцієнта усушки 7 % (взята вихідна вологість зерна 1). Розрахунок собівартості продукції зерна виконується на основі середньої врожайності на інтенсивному рівні за непаровими попередниками пшениці – 35 ц/га, ячменю – 40 ц/га, вівса – 30 ц/га.

Витрати праці на 1000 га посівів визначаються шляхом поділу суми витрат праці (годин) всіх зайнятих працівників на площу посіву, поділену на тисячу.

Усі розрахунки виконуються в умовах посіву пшениці у 12 днів (згідно з рекомендаціям), потім виконуються за умови посіву в 10 днів (згідно з нашому припущенню). За отриманими результатами розрахунків будуються графіки потреби в тракторах залежно від термінів виконання робіт, експлуатаційних витрат та вартості машинно-тракторного парку. На підставі отриманих розрахунків здійснюється вибір технології з урахуванням ресурсного потенціалу господарювання.

РОЗДІЛ 4 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Вихідні дані щодо вибраних технологій та технічного забезпечення

Усі розрахунки у роботі виконані з урахуванням модельного господарства. Як вихідні дані використано інформацію про культурах, що обробляються в господарстві, про тракторах та сільськогосподарських машинах, про оплату праці працівників, про добрива та засоби захисту, про технології обробітку зернових культур.

Дані за сортами разом із строками посіву та середньою врожайністю культур по господарству за 2019-2025 роки. Для розрахунку машинно-тракторного парку та оцінки технологій було обрано інтенсивну технологію на базі відвальної, мінімальної обробки ґрунту та нульової (no-till).

Детально технології представлені у таблицях 4.1. – 4.3. У розрахунках не враховуються операції: калібрування, повітряно-теплове обігрів, протруювання насіння, транспортування та ін., які є частиною підготовчих робіт. Для розрахунку оптимального складу машинно-тракторного парку необхідно знати склад машинно-тракторних агрегатів та інформацію щодо виконуваної ними роботи, а також про механізаторів, зайнятих на цих роботах.

Таблиця 4.1.

Інтенсивна технологія обробітку зернових за непаровими попередниками на базі від вальної обробки ґрунту

№	Технологічна операція	Агротехнічні вимоги	Машини та агрегати	Глибина / параметри виконання
1	Лущення стерні після попередника	Подрібнення та часткове загортання рослинних решток, знищення бур'янів	Дискова борона БДТ-7 + ХТЗ-17221; Lemken Rubin + John Deere	6–8 см
2	Внесення мінеральних добрив	Рівномірність внесення $\pm 10\%$	РУМ-5; Amazone ZA-M	НРК 150–250 кг/га
3	Основний відвальний	Повне загортання рослинних решток,	ПЛН-5-35 + МТЗ-1221; Lemken + Case	20–30 см

	обробіток (оранка)	вирівнювання поверхні поля	ІН	
4	Ранньовесняне боронування	Закриття вологи, руйнування грунтової кірки	БЗТС-1 + МТЗ-82	3–5 см
5	Передпосівна культивация	Вирівнювання поверхні та формування посівного ложа	КПС-4 + МТЗ-1221	6–8 см
6	Посів зернових культур	Дотримання норми висіву та глибини загортання насіння	СЗ-5,4; Horsch Pronto	4–6 см
7	Внесення гербіцидів та засобів захисту рослин	Рівномірне покриття поверхні рослин	ОПШ-2000; Amazone UX	200–300 л/га робочого розчину
8	Підживлення посівів	Внесення азотних добрив у критичні фази розвитку	Amazone ZA-M; РУМ-5	100–150 кг/га
9	Збирання зернових культур	Втрати зерна не більше 1–1,5%	зернозбиральний комбайн Claas Lexion, John Deere S-серії	Вологість зерна 14–18%

Техніко-економічні показники технології

Показник	Значення
Кількість проходів агрегатів	6–9
Витрати пального, л/га	65–85
Витрати праці, люд.-год/га	7–10
Потреба в механізаторах, осіб	5–7
Урожайність, т/га	5,5–7,5
Собівартість продукції, грн/т	4200–5200
Рівень рентабельності, %	35–55

Таблиця 4.2.

Інтенсивна технологія обробітку зернових за непаровими
попередниками на базі мінімальної обробки ґрунту

№	Технологічна операція	Агротехнічні вимоги	Машини та агрегати	Глибина / параметри виконання
1	Подрібнення та лушення стерні	Часткове загортання рослинних решток,	Lemken Rubin, Carrier Vaderstad	5–8 см

	після попередника	збереження мульчувального шару, знищення бур'янів	+ John Deere 6135B	
2	Внесення мінеральних добрих	Рівномірність внесення $\pm 10\%$	Amazone ZA-M; PYM-5	NPK 150–250 кг/га
3	Основний мінімальний обробіток ґрунту	Розпушування без обороту пласта, збереження структури ґрунту	чизельний культиватор Case Tiger-Mate; Horsch Tiger + New Holland	10–16 см
4	Ранньовесняне боронування	Закриття вологи та руйнування поверхневої кірки	Зубові або ротаційні борони	2–4 см
5	Передпосівна культивация	Формування рівномірного посівного ложа	КПС-4; Kompaktor Lemken	4–6 см
6	Посів зернових культур	Дотримання норми висіву, рівномірність загортання насіння	Horsch Pronto; Vaderstad Rapid	3–5 см
7	Внесення гербіцидів і засобів захисту рослин	Контроль бур'янів та шкідників	ОПШ-2000; Amazone UX	200–300 л/га
8	Підживлення посівів	Внесення азотних добрих у критичні фази розвитку	Amazone ZA-M	100–150 кг/га
9	Збирання зернових культур	Мінімальні втрати зерна (не більше 1–1,5%)	Claas Lexion; New Holland CR	Вологість зерна 14–18%

Особливості мінімального обробітку: технологія дозволяє скоротити кількість проходів техніки, зменшити витрати пального на 25–35%, знизити ущільнення ґрунту та краще зберігати вологу порівняно з відвальною системою обробітку.

Таблиця 4.3.

No-till технологія вирощування зернових

№	Технологічна операція	Агротехнічні вимоги	Машини та агрегати	Глибина / параметри виконання
1	Подрібнення та рівномірний розподіл рослинних решток попередника	Формування мульчувального шару, рівномірне покриття поверхні поля	Подрібнювач рослинних решток; жатка з подрібнювачем Claas, John Deere	Шар мульчі 3–7 см

2	Внесення мінеральних добрив	Локальне або поверхневе внесення добрив	Amazone ZA-M; John Deere DN345	NPK 150–250 кг/га
3	Хімічний контроль бур'янів (суцільне внесення гербіцидів)	Повне знищення бур'янів перед посівом	Amazone UX; John Deere R4045	2–4 л/га препарату
4	Прямий посів зернових культур	Одночасне розрізання мульчі, висів насіння та внесення добрив	Horsch Avatar; John Deere 750A; Great Plains	Глибина посіву 3–5 см
5	Внесення засобів захисту рослин	Контроль бур'янів, шкідників і хвороб	ОПШ-2000; Amazone UX	200–300 л/га
6	Підживлення посівів	Внесення азотних добрив у період вегетації	Amazone ZA-M	100–150 кг/га
7	Моніторинг стану посівів	Контроль густоти, вологості, фітосанітарного стану	GPS, БПЛА, системи точного землеробства	протягом сезону
8	Збирання врожаю	Мінімальні втрати зерна та рівномірне розподілення пожнивних решток	Claas Lexion; John Deere S-серії; New Holland CR	Вологість зерна 14–18%

У таблиці 4.4 представлені агрегати, які використані у дослідженні.

Дані щодо продуктивності та витрат ПММ взяті з довідників та технічних характеристик техніки.

Таблиця 4.4.

№	Машинно-тракторний агрегат	Технологічна операція	Продуктивність, га/год	Витрати ПММ, л/га	Джерело даних
1	MTЗ-1221 + ПЛН-5-35	Відвальний обробіток ґрунту (оранка)	1,6	24,5	Технічні характеристики, довідники
2	John Deere 6135B + Horsch Tiger	Мінімальний обробіток ґрунту	2,8	16,2	Паспортні характеристики техніки
3	New Holland T7060 + Vaderstad Carrier	Поверхневий обробіток ґрунту	3,5	11,8	Технічна документація
4	John Deere	Прямий посів	4,3	8,4	Нормативно-

	8320R + Horsch Avatar	(No-till)			довідкові матеріали
--	--------------------------	-----------	--	--	------------------------

4.2. Розрахунки на укрупнених даних господарства

Методом наскрізного перегляду варіантів для існуючої структури посівних площ проведемо розрахунок варіанта машинно-тракторного парку. Візьмемо укрупнені дані господарства для виконання основних технологічних операцій у задані терміни. У господарстві застосовується no-till.

У роботі розглянуто обробіток зернових: яра пшениця 1493 га (посів 14-25 травня), ярий ячмінь 932 га (посів 9-13 травня), ярий овес 953 га (посів 25-31 травня); та за умови посіву пшениці в 10 днів: яра пшениця 1493 га (посів 14-23 травня). Основні технологічні операції, які ми розглядаємо, наведено у таблиці 4.5.

Розрахунки виконані із застосуванням програмного комплексу «Агро», який реалізує метод наскрізного перегляду варіантів річних комплексів робіт. У розрахунках використовувалась десятигодинна зміна, на сівбі та прибиранні – двозмінний режим. Розрахований склад машинно-тракторного парку для дванадцятиденного терміну посіву пшениці подано у таблиці 4.6. У Таблиці 4.7 наведено результати розрахунку при посіві пшениці в 10 днів.

Таблиця 4.5.

Основні технологічні операції з культур

№	Технологічна операція	Призначення операції	Машина та агрегати	Термін виконання
1	Лущення стерні	Подрібнення рослинних решток, боротьба з бур'янами, збереження вологи	БДТ-7, Vaderstad Carrier, Lemken Rubin	Після збирання попередника
2	Внесення добрив	Забезпечення рослин поживними речовинами	РУМ-5, Amazone ZA-M	Перед основним обробітком
3	Основний обробіток	Розпушування, накопичення вологи,	ПЛН-5-35, Horsch Tiger,	Осінній період

	грунту	підготовка ґрунту	чизельні агрегати	
4	Ранньовесняне боронування	Закриття вологи, руйнування ґрунтової кірки	БЗТС-1, ротаційні борони	Ранньою весною
5	Передпосівна культивация	Формування посівного ложа	КПС-4, Kompaktor	Перед посівом
6	Посів зернових культур	Рівномірне висівання насіння	СЗ-5,4; Horsch Pronto; Vaderstad Rapid	Оптимальні строки посіву
7	Внесення гербіцидів	Захист від бур'янів	ОПШ	

Таблиця 4.6.

Парк машин, розрахований методом наскрізного перегляду варіантів при дванадцятиденному строку посіву пшениці

Марка техніки, найменування	Наявність у господарстві, шт.	Розрахункова кількість, шт.
Трактор John Deere 9530	1	1
Трактор John Deere 9430	1	1
Трактор John Deere 9420	2	2
Трактор NewHolland	1	1
Трактор ХТА-200-10	1	1
Трактор ЮМЗ-8040.2/ ЮМЗ-8044.2	18	5
Комбайн NewHolland CX 6090	4	1
Комбайн John Deere 9660 STS	2	2
Комбайн John Deere 9670	2	1
Комбайн Claas Lexion 570C	4	1
Самохідний обприскувач John Deere 4730	1	1
Причіпний обприскувач ОП-2000	1	4
Причіпний обприскувач Hardi Navigator 3000	1	1
Причіпний обприскувач Amazone UX 5200	1	1
Посівний комплекс John Deere 730	2	2
Посівний комплекс John Deere 1895	1	2
Посівний комплекс Salford	1	1
Сівалка Amazone DMC 602 Primera	1	1
Сівалка Kverneland Optima	1	1

Причіп John Deere 1910	6	2
------------------------	---	---

Як видно з таблиці для виконання заданих обсягів робіт, господарство досить забезпечене тракторами, проте є недолік в обприскувачах для забезпечення виконання технологій на інтенсивному рівні, оскільки господарство належить до господарств нормального рівня інтенсифікації.

Таблиця 4.7.

Парк машин, розрахований методом наскрізного перегляду варіантів за десятиденний термін посіву пшениці

Марка техніки, найменування	Наявність у господарстві	Розрахункова кількість, шт.
Трактор John Deere 9530	1	1
Трактор John Deere 9430	1	2
Трактор John Deere 9420	2	3
Трактор NewHolland	1	0
Трактор ХТА-200-10	1	0
Трактор ЮМЗ-8040.2/ ЮМЗ-8044.2	18	10
Комбайн NewHolland CX 6090	4	3
Комбайн John Deere 9660 STS	2	2
Комбайн John Deere 9670	2	2
Комбайн Claas Lexion 570C	4	2
Комбайн Claas Mega 370	1	1
Комбайн Claas Jaguar 850	1	1
Самохідний обприскувач John Deere 4730	1	1
Причіпний обприскувач ОП-2000	1	4
Причіпний обприскувач Hardi Navigator 3000	1	1
Причіпний обприскувач Amazone UX 5200	1	1
Посівний комплекс John Deere 730	2	3
Посівний комплекс John Deere 1895	1	3
Посівний комплекс Salford	1	1
Сівалка Amazone DMC 602 Primera	1	1
Сівалка Kverneland Optima	1	1
Причіп John Deere 1910	6	3

З отриманих результатів видно, що для забезпечення виконання строків

посівів у 10 днів при заданому обсязі робіт, зміні 10 год. та двозмінному режимі господарство недостатньо забезпечене сільськогосподарською технікою. Крім того, збільшення потреби в техніці веде до збільшення потреби в механізаторах (з урахуванням двозмінного режиму). Однак скорочення строків посіву доцільно у зв'язку з весняними повітряними посухами, що трапляються в обраній зоні, і втратами врожаю на збиранні при збільшенні строків (у посушливі роки втрати врожаю особливо значущі, відповідно до наукової літератури, в середньому втрати по ярій пшениці 7% на кожен день [100]).

4.3. Математичне моделювання варіантів підбору машинно-тракторного парку

Для структури посівних площ розрахуємо склад машинно-тракторного парку та оцінимо отримані результати за допомогою експлуатаційних витрат для трьох технологій вирощування сільськогосподарських культур, представлених вище.

Математичне моделювання здійснювалося за допомогою програмного комплексу «ПКАТ» та комп'ютерної програми «АГРОТЕХ», що входить до його складу.

У таблиці 4.8. наведено витрати з культур для трьох технологій: інтенсивної на базі відвальної обробки ґрунту, інтенсивної на базі мінімальної обробки ґрунту, нульової технології при сівбі в 12 днів. Розрахований парк машин для цих технологій та парк машин, наявний у господарстві, представлені в таблиці 4.9.

Таблиця 4.8.

Отримані результати за трьома технологіями при термінах посіву пшениці 12 днів

Параметри		Оранка	Мінімальна	No-till
Витрати на ПММ, тис.грн.	Пшениця	22365	18075	8095
	Ячмінь	1519	1281	562

	Овес	1545	1311	566
	Разом	25429	20667	9223
Оплата праці, тис. грн.	Пшениця	1265	1001	553
	Ячмінь	135	99	64
	Овес	131	102	77
	Разом	1531	1202	693
Амортизація та витрати на технічне обслуговування живлення, тис. грн.	Пшениця	25002	20131	16443
	Ячмінь	1715	1440	971
	Овес	1458	1562	1352
	Разом	28174	23133	18765
Витрати на кошти захисту та добрива, тис. грн.	Пшениця	113226	113226	113226
	Ячмінь	8447	8447	8447
	Овес	8638	8638	8638
	Разом	130311	130311	130311
Витрати насіння, тис. грн.	Пшениця	39679	39679	39679
	Ячмінь	2610	2610	2610
	Овес	2478	2478	2478
	Разом	44766	44766	44766
Витрати всього, тис. грн.	Пшениця	201537	192111	177995
	Ячмінь	14426	13878	12654
	Овес	14250	14092	13110
	Разом	230212	220080	203759
Витрати на га, грн.	Пшениця	16132	15377	14248
	Ячмінь	15478	14890	13577
	Овес	14952	14787	13756
Собівартість зерна, грн./т	Пшениця	4956	4724	4377
	Ячмінь	4161	4003	3650
	Овес	5359	5300	4931
Кількість необхідних механізаторів, люд.		18	15	16
Витрати праці, люд.-год./1000 га		627,6	484,4	350,5
Вартість парку, тис. грн.		133507	116172	106035

Таблиця 4.9.

Наявність та потреби господарства у техніці за трьома технологіями
при строках посіву пшениці 12 днів

Марка техніки, найменування	Наявність господарстві, шт.	Розрахункова кількість, прим.		
		Оранка	Мінімальна	No-till
Трактор John Deere 9530	1	1	1	1
Трактор John Deere 9430	1	1	1	1
Трактор John Deere 9420	2	2	2	2
Трактор NewHolland	1	1	1	1
Трактор ХТА-200-10	1	1	1	1
Трактор ЮМЗ-8040.2/ ЮМЗ-8044.2	18	10	4	5
Обприскувач John Deere 4730	1	1	1	1
Комбайн John Deere 9660 STS	2	1	2	2
Комбайн Claas Lexion 570C	4	3	3	3
Борона БЗГТ-25 Перемога	2	2	-	-
Борона БЗГ-24-021	1	1	1	-
Борона БЗСС-1,0	118	60	12	-
Борона ЗБЗС-1,0	84	75	-	-
Борона John Deere Штригель 12 м	1	-	1	-
Борона Штригель 24 м	1	-	1	-
Борона Degelman-24м	1	-	1	-
Обприскувач ОП-2000	1	3	3	3
Обприскувач Hardi Navigator 3000	1	1	1	1
Обприскувач Amazone UX 5200	1	1	1	1
Посівний комплекс John Deere 730	2	2	2	2
Посівний комплекс John Deere 1895	1	1	1	1
Посівний комплекс Salford	1	1	1	1
Сівалка Amazone DMC 602 Primera	1	1	1	1
Сівалка Kverneland Optima	1	1	1	1
Плуг John Deere 3910	-	4	-	-
Плуг ПЛН-8-35	-	1	-	-
ЛДГ-15А	-	1	-	-
ЛДГ-20А	-	3	-	-
Плуг чизельний John Deere 2410	2	-	4	-

Число необхідних механізаторів для виконання інтенсивної технології на базі відвального обробітку ґрунту – 18 люд. Витрати варіанта склали: ПММ - 25429 тис. грн., Оплата праці - 1531 тис. грн., Витрати всього - 230212 тис. грн., Вартість машинно-тракторного парку - 1335607 тис., з них 55076 тис. - Сільськогосподарські машини.

Число необхідних механізаторів для інтенсивної технології на базі нульової технології (no-till) – 16 люд. Витрати варіанту склали: ПММ - 9223 тис. грн., Оплата праці - 693 тис. грн., Витрати всього - 203759 тис. грн., Вартість машинно-тракторного парку - 106035 тис. грн., З них 23596 тис. грн. - Сільськогосподарські машини.

У таблиці 4.10. наведено витрати з культур для трьох технологій: інтенсивної на базі відвальної обробки ґрунту, інтенсивної на базі мінімальної обробки ґрунту, інтенсивної технології на базі нульової (no-till).

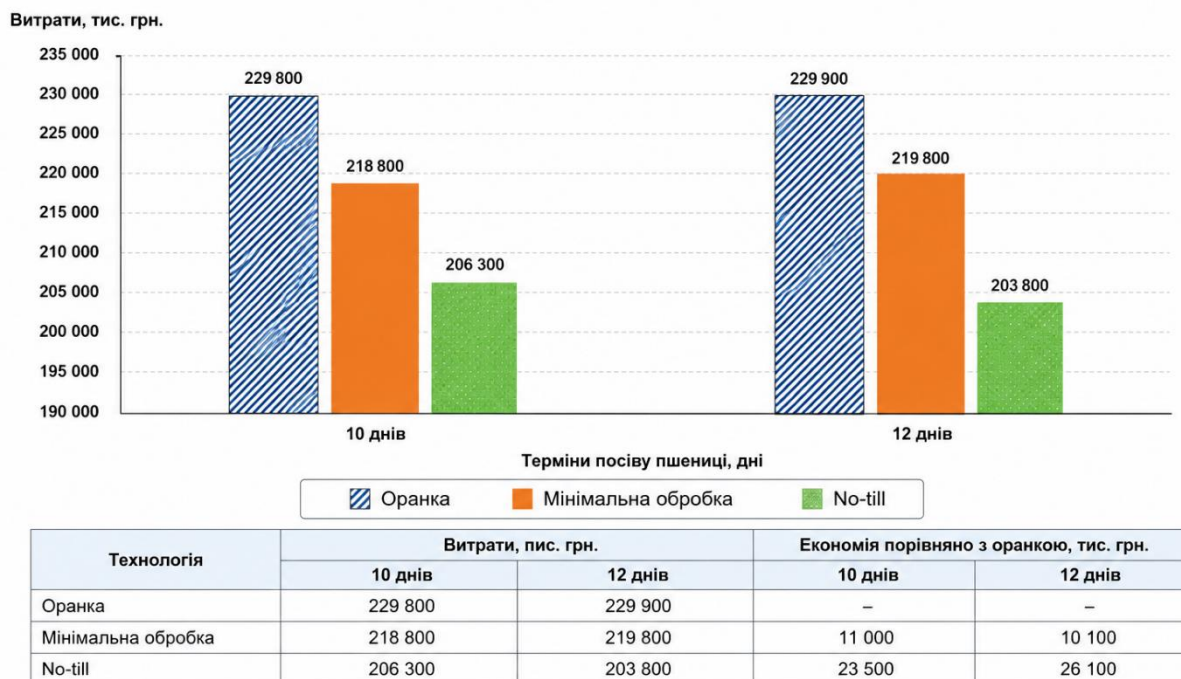
Таблиця 4.10.

Отримані результати за трьома технологіями при термінах посіву
пшениці 10 днів

Параметри		Оранка	Мінімальна	No-till
Витрати на ПММ, тис.грн.	Пшениця	22393	18103	9328
	Ячмінь	1537	1306	627
	Овес	1545	1317	647
	Разом	25475	20727	10602
Оплата праці, тис. грн.	Пшениця	1254	950	784
	Ячмінь	111	79	77
	Овес	137	99	81
	Разом	1502	1127	942
Амортизація та витрати на технічне обслуговування, тис. грн.	Пшениця	24308	19251	17648
	Ячмінь	1487	1212	994
	Овес	1832	1549	1385
	Разом	27627	22011	20026
Витрати на кошти захисту та добрива, тис. грн.	Пшениця	113226	113226	113226
	Ячмінь	8447	8447	8447

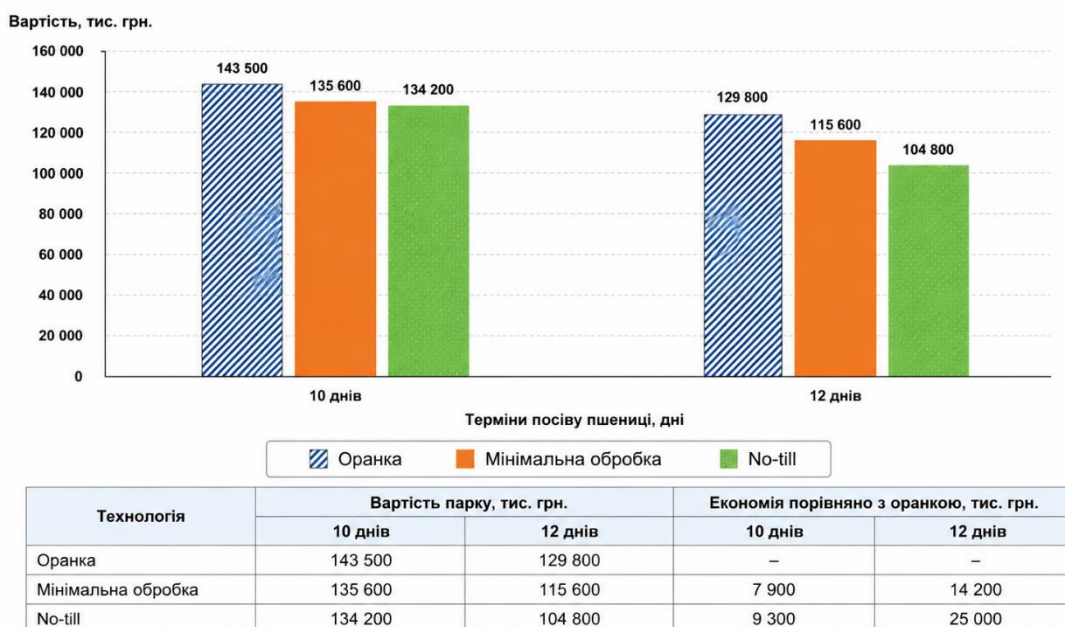
	Овес	8638	8638	8638
	Разом	130311	130311	130311
Витрати на насіння, тис. грн.	Пшениця	39679	39679	39679
	Ячмінь	2610	2610	2610
	Овес	2478	2478	2478
	Разом	44766	44766	44766
Витрати всього, тис. грн.	Пшениця	200861	191208	180664
	Ячмінь	14192	13654	12756
	Овес	14629	14080	13229
	Разом	229682	218943	206648
Витрати на га, грн.	Пшениця	16078	15305	14461
	Ячмінь	15227	14651	13686
	Овес	15351	14775	13881
Собівартість зерна, грн./т	Пшениця	4939	4702	4443
	Ячмінь	4093	3938	3679
	Овес	5502	5296	4975
Витрати праці, люд.-год./1000 га		717	512,3	441,7
Кількість необхідних механізаторів, люд.		17	14	19
Вартість парку, тис. грн.		148218	135627	133939

На рисунках 4.1.-4.3. наведено порівняння витрат залежно від тривалості строків посіву пшениці.



Для структури посівних площ розрахуємо склад машинно-тракторного парку та оцінимо отримані результати за допомогою експлуатаційних витрат для трьох технологій вирощування сільськогосподарських культур, представлених вище.

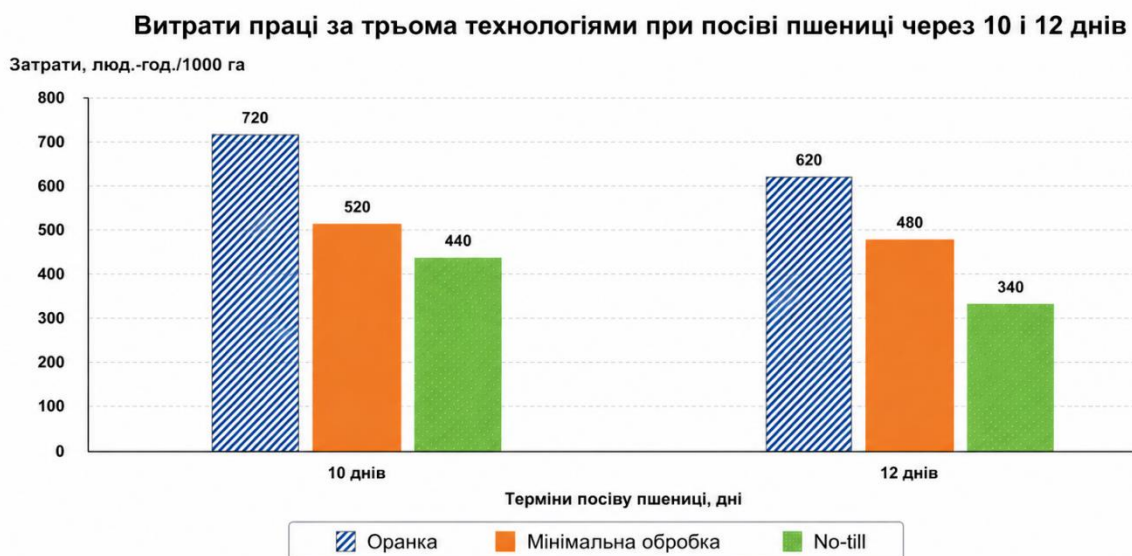
Рис. 4.1. Витрати за трьома технологіями при посіві пшениці 10 і 12 днів



Для структури посівних площ розрахуємо склад машинно-тракторного парку та оцінимо отримані результати за допомогою вартості парку техніки для трьох технологій вирощування сільськогосподарських культур, представлених вище.

Рис. 4.2. Вартість парку за трьома технологіями при посіві пшениці 10 і 12 днів

На прикладі розглянутого господарства менші витрати коштів, вартість парку та витрати були отримані при no-till-технології, найбільші витрати – за технології з урахуванням відвальної обробки ґрунту.



Технологія	Витрати праці, люд.-год./1000 га		Економія порівняно з оранкою, люд.-год./1000 га	
	10 днів	12 днів	10 днів	12 днів
Оранка	720	620	–	–
Мінімальна обробка	520	480	200	140
No-till	440	340	280	280

На прикладі розглянутого господарства менші витрати коштів, вартість парку та витрати були отримані при no-till-технології, найбільші витрати – за технології з урахуванням відвальної обробки ґрунту.

Рис. 4.3. Витрати праці за трьома технологіями при посіві пшениці 10 і 12 днів

Витрати коштів при десятиденному строку посіву в середньому відлічуються на 0,7%, витрати праці при сівбі у 10 днів на 15,3% вищі, ніж при сівбі у 12 днів, вартість парку вища на 18%.

При десятиденному строку посіву пшениці витрати праці на виконання інтенсивної технології на базі оранки по пшениці на 25,9% вищі, ніж на базі мінімального обробітку ґрунту, і на 40% вищі, ніж за no-till; по ячменю – на 30,1% вище порівняно з технологією на базі мінімальної обробки ґрунту та на 32,1% вище no-till; по вівсу - на 29% вище, ніж на базі мінімального обробітку ґрунту, і на 42,5% вище, ніж на no-till.

Найменша собівартість зерна отримана при застосуванні інтенсивної технології no-till, найбільша – за інтенсивної технології на основі оранки. При цьому порівняно з інтенсивною технологією на базі відвального обробітку ґрунту собівартість зерна за мінімальною технологією у пшениці менша на 4,8%, ячменю – на 3,8%, вівса – на 3,8%, по no-till у пшениці менше на 10%, ячменю – на 10,1%.

Інтенсивна технологія на базі відвального обробітку ґрунту потребує найбільшого людського ресурсу в порівнянні з двома іншими технологіями та через необхідність придбання плугів високої продуктивності для обробки наявних площ – додаткових капіталовкладень. Інтенсивна технологія на базі мінімальної обробки ґрунту та технології no-till вимагають меншої кількості кваліфікованих механізаторів, причому їх кількість дещо вища за no-till, а витрати праці нижчі (таблиця 4.10.), що свідчить про пікову зайнятість працівників та їх нерівномірний розподіл на роботах.

При порівнянні потреби в технічній оснащеності господарювання на прикладі розглянутих технологій видно, як змінюється структура машинно-тракторного парку. Проведені розрахунки свідчать, що інтенсивна технологія обробітку зернових культур на базі оранки потребує більшої кількості техніки, що пов'язано з необхідністю виконання весняних та осінніх польових робіт з підготовки ґрунту до посіву. Потреби в тракторах марок John Deere та New Holland за технологіями однакові, за винятком no-till, де необхідно залучити додатковий агрегат для виконання весняних робіт з догляду за посівами, коли виникає пік потреб у техніці. При цьому технології на базі оранки та мінімальної обробки ґрунту вимагають включення до складу машинно-тракторного парку плугів, вартість яких істотно впливає на загальну вартість парку. Різний структурний склад машинно-тракторного парку дає різну потребу в механізаторах (таблиця 4.10.), що пояснюється додатковими роботами, пов'язаними з технологічними операціями.

Вартість парку машин для інтенсивної технології на базі

мінімального обробітку ґрунту на 8,5% менше, по no-till – 9,6%. Вартість сільськогосподарських машин за інтенсивною технологією на базі оранки становить 39,6% від вартості парку, за мінімальною – 30,2%, за no-till – 23,5%. Це означає, що при дефіциті трудових ресурсів та технічної бази доцільно вибирати інтенсивну технологію на базі мінімального обробітку ґрунту або no-till за наявності необхідної техніки. Це підтверджує наші припущення, що вибір варіантів технічних засобів має проводитися в альтернативних варіантах залежно від ресурсного забезпечення конкретних сільгосппідприємств та їх природно-виробничих установ.

Таким чином, щоб побудувати стратегію господарювання при виконанні польових робіт, необхідно враховувати ресурсну забезпеченість господарства технікою та кваліфікованими механізаторами.

РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Економічна ефективність – це співвідношення між отриманими результатами та витратами їх здійснення, тобто. рентабельність виробництва. Як результати може розглядатися прибуток, одержуваний від реалізації виробленої продукції, або валовий внутрішній дохід. Прибуток – це одна з форм доходу, що виражає позитивну різницю між сумарними доходами та витратами на виробництво продукції. У наших розрахунках для оцінки результатів дослідження використовуватимемо прибуток, як витрати в дослідженні розглядати собівартість продукції, розраховану з експлуатаційних витрат. Таким чином, економічний ефект результатів досліджень оцінюватимемо за показниками прибутковості розрахованих варіантів технологій обробітку зерна.

Для розрахунку прибутку будемо використовувати наступний вираз:

$$\Pi = P - C_{\text{соб.}}, \quad (5.1.)$$

де Π – прибуток від продукції виробництва зерна, грн.;

P - Виторг від реалізації продукції виробництва зерна, грн.;

$C_{\text{соб.}}$ - собівартість продукції виробництва зерна, грн.

Коли виручка перевищує собівартість, фінансовий результат є свідком отримання прибутку. Дохід, своєю чергою визначається формулою:

$$D = C \cdot O, \quad (5.2.)$$

де C - вартість реалізації продукції виробництва зерна, грн./т;

O - обсяг реалізації продукції виробництва зерна, т.

Прибуток від залежить від кількох чинників: обсягу реалізації продукції, собівартості та рівня цін реалізації.

Рентабельність виробництва оцінюватимемо за формулою:

$$P_p = \frac{\Pi}{C_{\text{соб.}}} \cdot 100, \quad (5.3.)$$

де P_p - рівень рентабельності, %.

Середня врожайність зернових: пшениці - 3,5 т/га; ячменю - 4,0 т/га; вівса - 3,0 т/га. Для визначення виручки від реалізації зернової продукції виробництва зерна використано середню ціну пшениці, ячменю та вівса за 2025 рік, згідно з дослідженнями ринку експертно-аналітичного центру агробізнесу. Дані за ціною та обсягом реалізації зерна наведено в таблиці 5.1 з урахуванням табличного коефіцієнта усушки 7% (взято вихідну вологість зерна 20% та 14% підсумкову).

Таблиця 5.1.

Дані до розрахунку виручки від зерна

Культура	Середня ціна за 2025 рік, грн.	Обсяг реалізації продукції, т
Пшениця	8400	40665
Ячмінь	6900	3467
Овес	5774	2659

Дохід від реалізації зерна тоді складе для пшениці складе: 341583606 грн., Для ячменю - 23922576 грн., Для вівса - 15352315 грн.

Отримана в результаті розрахунків, представлених у попередньому розділі, за інтенсивною технологією на базі відвального обробітку ґрунту собівартість за пшеницю склала 200860656 грн., ячменю - 14192000 грн., вівса - 14629228 грн.

Собівартість за інтенсивною технологією з урахуванням мінімальної обробки ґрунту за тону для пшениці становила 191208129 грн., для ячменю – 13654465 грн., для вівса – 14080440 грн. Отримана собівартість пшениці по no-till становила 180663671 грн., ячменю - 12755591 грн., вівса - 13229026 грн.

Прибуток від реалізації зернової продукції, порахований згідно з формулою (5.1.), для інтенсивної технології на базі відвальної обробки, мінімальної обробки ґрунту та no-till представлені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2.

Прибуток від продукції рослинництва

Культура	Прибуток, грн.		
	Оранка	Мінімальна	No-till
Пшениця	140722950	150375477	160919935
Ячмінь	9730576	10268111	11166985
Овес	723087	1271876	2123289

Рівень рентабельності виробництва продукції зерна, порахований згідно з формулою (5.3.), для інтенсивної технології на базі відвальної обробки, мінімальної обробки ґрунту та no-till представлений у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3.

Рівень рентабельності виробництва рослинництва

Культура	Рівень рентабельності, %		
	Оранка	Мінімальна	No-till
Пшениця	70,1	78,6	89,1
Ячмінь	68,6	75,2	87,5
Овес	4,9	9,0	16,1

Таким чином, більш рентабельним є виробництво продукції зерна за технологією no-till. У середньому по зернових її рентабельність перевищує рентабельність технології на базі оранки в 1,3 рази, а рентабельність мінімального обробітку ґрунту по пшениці – у 1,2 раза. Однак лише економічних показників недостатньо, щоб вибрати технології для того чи іншого господарства, також необхідно враховувати наявний парк та наявність кваліфікованих механізаторів. В умовах обмеження цих ресурсів будуть потрібні додаткові вкладення коштів на придбання нової високопродуктивної техніки або залучення додаткових кваліфікованих працівників, оплата праці яких впливатиме

на економічні показники.

Згідно з науковими даними щодо втрати врожаю при зменшенні строків посіву з ярої пшениці (0,77-1,0% на день) недоотримання врожаю становить 357,8-464,7 т при сівбі в 12 днів (при середній врожайності за 2019-2025 рр. – 2 т/га). Таким чином, при нормальному рівні інтенсифікації та строках посіву у 12 днів недоотриманий господарством дохід становить у середньому 3455 тис. грн. (3006-3904 тис. грн. Залежно від коефіцієнта втрат). При переході на інтенсивний рівень та одержанні врожайності порядку 3,5 т/га господарством може бути отриманий додатковий дохід у середньому 6046 тис. грн. (5260-6832 тис. грн. Залежно від коефіцієнта втрат), або 626,2-813,3 т додаткової продукції.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз сільськогосподарських підприємств показав, що найбільший внесок у зернове виробництво Київської області (42,9%) вносять середні за розмірами сільськогосподарських угідь (3000-7000 га), і великі підприємства з площею ріллі понад 7000 га (їхня частка становить 41,2%). ТОВ «Світоч» Київської області з площею ріллі 20529 га, посівною площею 18490 га, з них 67,6% - яра пшениця, ярий овес - 5,2%, ярий ячмінь - 5%, обрано як представницьке господарство для моделювання варіантів під моделювання варіантів.

2. Виявлено, що оцінку технологій та підбір оптимальної структури машинно-тракторного парку слід проводити за економічними критеріями, враховуючи своєчасність виконання технологічних операцій, якісний та кількісний склад механізаторів.

1. Розроблено метод обґрунтування структури машинно-тракторного парку, оснований на критеріях мінімуму прямих експлуатаційних витрат і мінімуму механізаторів, обмеження по агротехнічних термінах виконання сільськогосподарських робіт та обсягів робіт при вирощуванні зернового збіжжя.

2. Розроблено математичну модель та алгоритм вибору технічного забезпечення за сукупністю критеріїв обробітку зернових культур, які передбачають мінімум прямих експлуатаційних витрат та мінімум механізаторів при виконанні агротехнічних термінів сільськогосподарських робіт та дозволяють отримувати альтернативні варіанти технічних засобів залежно від ресурсного забезпечення, що відрізняє їх розроблені раніше.

2. Виявлено взаємозв'язок у забезпеченості вирощування зернових культур кваліфікованими механізаторами, технічними засобами та технологічним забезпеченням обробітку зернового збіжжя. Встановлено, що при рівних значеннях урожайності порівняно з інтенсивною

технологією на базі відвального обробітку ґрунту собівартість зерна інтенсивної технології на базі мінімальної обробітку ґрунту в середньому по зернових менша на 4,1%, за no-till - на 9,9% менше; витрати, виражені в люд.-год./1000 га, менше 28,5% і 38,4% відповідно.

Зроблено оцінку економічної ефективності розрахованих варіантів. технічних засобів для інтенсивних технологій на базі відвальної обробки ґрунту, мінімальної обробки ґрунту та нульової технології (no-till) для обробітку зернового збіжжя за показником рентабельності. Отримано розрахунково-теоретичні результати з експериментальним підтвердженням та економічним обґрунтуванням доцільності застосування комп'ютерної програми при виборі технологій та технічного забезпечення. Отриманий економічний ефект становив 6046 тис. грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адамчук В. В. Стан наукового забезпечення механізації сільського господарства в Україні. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Дослідницьке: УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого, 2009. Вип. 13., кн. 1. С. 21–29.
2. Калетнік Г.М. Біопалива: ефективність їх виробництва та споживання в АПК України: навч. посібник. К: Аграрна наука, 2010. 327 с.
3. Семенов В.Г. Україна без нафти: стан і перспективи розвитку виробництва та застосування екологічно чистого біодизельного палива. Наука та інновації. 2008. Т.4. № 1. С. 81 - 86.
4. Ахметов А.Ф. Підвищення ефективності діагностування та ремонту насос-форсунок автотракторних та комбайнових дизелів. Дис. на здобуття наук. ступеня к.т.н. – 2015. – 134 с.
5. Калетнік Г. М. Диверсифікація розвитку виробництва біопалив основа забезпечення продовольчої, енергетичної, економічної та екологічної безпеки України. Вісник аграрної науки. 2018. No 11. С. 169-176.
6. Гуков Я. С. Наукове забезпечення формування державної політики стосовно відтворення та оновлення матеріально-технічної бази агропромислових підприємств. Механізація та електрифікація сільського господарства. 2008. Вип. 92. С. 13–25.
7. <https://ad-instrument.com.ua/ua/p106749282-pristavka-dlya-testirovaniya.html>
8. <https://dieseltest.com.ua>
9. <https://starsto.com.ua>
10. Войтюк В. Д. Техніко-технологічний розвиток системи сервісу енергонасиченої сільськогосподарської техніки: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук: 05.05.11 Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. Мелітополь, 2012. 39 с.
11. Гунько І.В., П'ясецький А.А., Бурлака С.А. Система паливоподачі дизельного двигуна з електронним регулюванням складу дозованої паливної суміші. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2017. №2 (97). С.47-51.
12. Мигаль В.Д. Технічна діагностика автомобілів: справ. посібник.: в 6 т. / В. Д.

- Мигаль. Т. 3. Методи діагностування – Харків: Майдан, 2012. – 548 с.
- 13.Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: організація і управління: підручник / О.А. Лудченко. – Київ: Знання-Прес, 2004. – 478 с.
 - 14.Зенкін Є.Ю. Розробка методу прискореного діагностування автомобільних дизелів з акумуляторними системами паливоподачі: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20 / Є. Ю. Зенкін. – Харків: ХНАДУ, 2010. – 180 с.
 - 15.Мигаль В.Д. Інтелектуальні системи в технічній експлуатації автомобілів: монографія / В.Д. Мигаль. – Харків: Майдан, 2018. – 262 с.
 - 16.Diesel-Engine Management, 4th Edition, Robert Bosch GmbH. June 2006, 504 Pages.
 - 17.Жерновий А.С. Нові методи та засоби діагностування двигунів внутрішнього згорання / А.С. Жерновий, К.С. Колобов // Автошляховик України. – 2006. – С. 14–16.
 - 18.Мигаль В.Д. Технічна діагностика автомобілів: довід. посіб.: в 6 т. / Т. 5. Засоби діагностування (книга 2). – Харків: Майдан, 2012. – 460 с.
 - 19.Жерновий А.С. Вибір діагностичних параметрів для експрес діагностування дизелів / А.С. Жерновий, О.Д. Климпуш // Вісник нац. транспорт ного ун-ту. – Київ: НТУ, 2012. – Вип. 25. – С. 175–178.
 - 20.Говорущенко Н.Я. Технічна кібернетика транспорту: навч. посіб. / Н.Я. Говорущенко, В.Н. Варфоломеев. – Харків: ХГАДТУ, 2001. – 271 с.
 - 21.Загальні принципи діагностування електронних систем керування автомобіля: навч. посіб. / О.Ф. Дащенко, В.Г. Максимов, О.Д. Ніцевич та ін. ; за ред. М.Б. Копитчука. – Одеса: Наука і техніка, 2012. – 392 с.
 - 22.Bosch Dianostics Soft. ESI [tronic] Automotive. Diagnosis and Technics: A, C, D, E, F, K, M, P, W. – Robert Bosch GmbH. Bosch Automotive After market. D-76225 Karlsrushe, 2005/1.
 - 23.Захарчук В.І. Основи теорії та конструкції автомобільних двигунів: навч. посіб. / В.І. Захарчук. – Луцьк: ЛНТУ, 2011. – 233 с.
 - 24.Пиндус Ю.І. Електричне та електронне обладнання автомобілів: навч. посіб.: ч. II / Ю.І. Пиндус, Р.Р. Заверуха. – Тернопіль: ТНТУ, 2016. – 163 с.
 - 25.Сажко В.А. Електричне та електронне обладнання автомобілів: навч. посіб. / В.А. Сажко. – Київ: Каравела, 2004. – 304 с.

26. Технічна експлуатація та надійність автомобіля / Є.Ю. Форнальчик, М.С. Оліскевич, О.Л. Мاستикаш, Р.А. Пельо ; за заг. ред. Є.Ю. Форнальчика. – Львів: Афіша, 2004. – 492 с.
27. Головобородько О.О. Мехатронні системи автомобільного транспорту: навч. посіб. / О.О. Головобородько, В.В. Редчиць, О.М. Коробочка. – Харків: ТОВ «Компанія СМІТ», 2006. – 300 с.
28. Далека В.Х. Інформаційні технології на транспорті: навч. посіб. / В.Х. Далека, К.О. Сорока, В.Б. Будниченко. – Харків: ХНАМГ, 2012. – 340 с.
29. Основи діагностики автомобіля: навч.-метод. посіб. / Укладачі: Люлька В.С., Коньок М.М., Перинський Ю.Є., Клімов О.М. – Чернігів: ЧНПУ ім. Т.Г. Шевченка, 2013. – 188 с.
30. Зенкін Е.Ю. Аналіз технічного стану паливної апаратури на основі коливань тиску палива у гідроаккумуляторі / Е.Ю. Зенкін // Двигуни внутрішнього згоряння: наук.-техн. журнал. Харків: НТУ «ХПІ». – 2009. – № 1. – С. 144–147.
31. Аулін В. В., Гриньків А. В. Методика вибору діагностичних параметрів технічного стану 248 транспортних засобів на основі теорії сенситивів. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2016. №5. С. 109–116.
32. Аулін В. В., Гриньків А. В. Проблеми і задачі ефективності системи технічної експлуатації мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки. Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія технічні науки. 2016. №2 (77). С. 36–41.
33. Аулін В. В., Гриньків А. В. Проблеми і задачі ефективності системи технічної експлуатації мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки. Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія технічні науки. 2016. №2 (77). С. 36–41.
34. Аулін В. В., Гриньків А. В. Теоретичне обґрунтування моментів контролю технічного стану систем і агрегатів засобів транспорту. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2017. №8. С. 9–20.
35. Аулін В. В., Гриньків А. В., Замота Т. М. Забезпечення та підвищення експлуатаційної надійності транспортних засобів на основі використання

- методів теорії чутливості. Вісник інженерної академії України. 2015. №3. С. 66–72.
36. Яцковський В. І. Сучасні методи розрахунків ДВЗ / В. І. Яцковський, І. В. Гунько, О. В. Гуцаленко. - Вінниця, РВВ ВНАУ, 2016.-132 с.
 37. Випробування автотракторних дизельних двигунів внутрішнього згорання / Анісімов В. Ф., Гунько І. В., Гуцаленко О. В., Музичук В. І., Комаха В. П., П'ясецький А. А., Рябошапка В. В., Кравець С. М.; за ред. В. В. Біліченка, В. М. Пришляка - Вінниця, РВВ ВНАУ, 2015.-41 с.
 38. Випробування зернозбиральних комбайнів /Г.А. Удовиченко/. Полтавський інститут АПВ ім. Вавілова// Вісн. Полт. держ. аграр. акад. -2007. - Вип.3. - С. 133 -137.
 39. Войтюк В.Д. Визначення коефіцієнта відновлення ресурсу агрегатів /В.Д. Войтюк, А.А. Демко, О.В. Надточій, С.А. Демко// Науковий вісник Національного аграрного університету. - К., 2003. - Вип.60. - С. 273 -280.
 40. Войтюк В.Д. Визначення експлуатаційного показника технічного стану зернозбиральних комбайнів /В.Д.Войтюк, А.А.Демко, О.В.Надточій// Науковий вісник Національного аграрного університету. - К., 2005. - Вип. 80. ч.1. - С. 171 -177.
 41. Войтюк В.Д. Вплив технічного стану зернозбиральних комбайнів на їх продуктивність /В.Д. Войтюк, А.А. Демко, О.В. Надточій, С.А. Демко// Науковий вісник Національного аграрного університету. - К., 2003. - Вип.60. - С. 128 -133.
 42. Демко С.А. Визначення впливу терміну використання зернозбиральних комбайнів на їх техніко-експлуатаційні характеристики: автореферат дисертаційної роботи на здобуття кандидата технічних наук: 05.05.11 / Демко С.А./; Київ. Національний аграрний університет. - К., 2007. - 20 с.
 43. Войтюк Д.Г. Парк зернозбиральних комбайнів України до жнив 2001 року. /Д.Г. Войтюк, А.А. Демко, С.А. Демко // Техніка АПК - 2000. - №10. с. 9-10.
 44. Шевченко С. А. Удосконалення технічних засобів та технології діагностування агрегатів сільськогосподарської техніки.: Дис. канд. техн. наук.: 05.05.11. /С.А. Шевченко - Х., 2004. - 207 с

45. Дизелі тракторів та сільськогосподарських машин. Післяремонтне балансування. СОУ 29.32.4-37-417:2006 / [В. Войтов, М. Гиренко В. Знайдюк, О. Левченко, А. Ніколенко, Г. Примакова, С. Шевченко, С. Ярошно]. - К.: Мінагрополітики України. -2006. -9с
46. Врублевський О.М. Обґрунтування методики діагностування компонентів паливної апаратури двигуна з примусовим запалюванням / О. М. Врублевський, Е.Ю. Зенкін, О.В. Денісов, М.П. Булгаков // Вісник СевНТУ: зб. наук. праць. Серія Машиноприладобудування та транспорт. – 2012. – Вип. 134. – С. 109-112.
47. Гунько І.В., Бурлака С.А., Єленич А.П. Оцінка екологічності нафтового палива та біопалива з використанням методології повного життєвого циклу. Вісник Хмельницького національного університету. 2018. Том 2. № 6 (267). С. 246–249.
48. Грабар І.Г., Колодницька Р.В, Семенов В.Г. Біопалива на основі олій для дизельних двигунів: Монографія. Житомир: ЖДТУ, 2011. 152 с.
49. Мельник І. І., Сапсай В. І., Барабаш Г. І., Зубко В. М., Чуба В. В. Математична модель визначення оптимального складу агрегатів у рослинництві. Конструювання, виробництво сільськогосподарських машин. 2011. Вип. 41(1). С. 272-278.
50. Луценко Ю.Л. Вища математика: метод. розробки практ. занять; індивід. завдання / Ю.Л. Луценко, М.В. Миронюк ; М-во аграр. політики України, ВДАУ. - Вінниця: ВДАУ, 2000. - 464 с.
51. Луценко Ю.Л. Вища математика: метод. розробки практ. занять. Індивідуальні завдання. Розділ 7: Неозначений інтеграл / Ю.Л.Луценко, М.В.Миронюк; М-во сільського господарства і продовольства України; ВДАУ. - Вінниця: ВДАУ, 1998. - 44 с.
52. Балашов, А.В. Планування мереж при технічному обслуговуванні зарубіжних комбайнів. [Текст] / А.В. Балашов, А.А. Синельников // Підвищення ефективності використання ресурсів при виробництві сільськогосподарської продукції - нові технології і техніка нового покоління для рослинництва і тваринництва: Матеріали Кримського ПУЛу
53. Fuel injection pump model Covec-F. Pub. № EE14E-11190. Service Manual: