

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
“__” _____ 2023р.
Зав. кафедри к.т.н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)
А.В. Войтік
(підпис) (ініціали, прізвище)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА (дипломний проект)

магістр
(назва освітнього ступеня)

тема роботи **«Концепція забезпечення якості механізованих агротехнологій»**

Виконав: студент 2 курсу, групи 21м-ім
освітньої програми магістр
спеціальності 208 «Агроінженерія»
Колісніченко С.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник доктор філософії доцент Шевчук М.В.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

м. Умань – 2023 рік

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АГРОВИМОГ СУЧАСНИМИ ЗАСОБАМИ МЕХАНІЗАЦІЇ	5
1.1. Стан середовища з погляду потреб агрокультур	7
1.2. Аналіз діючих агротехнічних вимог та їх реалізація сучасними технічними засобами	9
1.3. Аналіз структури сучасних машинних агрегатів та моделювання їх експлуатаційних показників	10
1.4. Аналіз методів моделювання технологічних процесів та комплексів машин	13
Висновки до розділу 1	15
РОЗДІЛ 2 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	
2.1. Основні чинники впливу на процес росту та розвитку рослин. Місце та роль механізованих процесів	16
2.2. Економічні показники оцінки роботи машинних агрегатів	22
2.3. Стан ґрунту та поліпшення його властивостей у період створення умов для росту й розвитку агрокультури.....	29
2.4. Висновки до розділу 2	42
РОЗДІЛ 3 ОХОРОНА ПРАЦІ	43
3.1 Моделювання виробничих небезпек	43
3.2 Безпеці праці під час весняно-польових робіт	44
Висновки до розділу 3	45
РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ТА ПРОПОЗИЦІЇ НАУКОВО- НАВЧАЛЬНИМ ТА КОНСТРУКТОРСЬКИМ ОРГАНІЗАЦІЯМ.....	46
4.1 Економічна ефективність проведених досліджень	46
4.2 Висновки до розділу 4	53
ВИСНОВКИ	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	56

РЕФЕРАТ

Колісніченко С.О. Концепція забезпечення якості механізованих агротехнологій (Дипломний проект, Уманський національний університет садівництва, 2023: пояснювальна записка на 58 сторінках, у т.ч. 4 розділів, 19 рисунки, 8 таблиць, 29 джерела літератури).

У дипломному проекті вирішена науково-технічна проблема, яка має важливе значення для підвищення ефективності реалізації біологічного потенціалу агрокультур унаслідок максимального наближення технологічних можливостей машинних агрегатів до агротехнічних вимог під час виконання механізованих технологічних процесів на основних етапах їхнього росту та розвитку.

Мета дослідження – забезпечення якості механізованих агротехнологій через урахування концептуальності підвищення ефективності реалізації біопотенціалу агрокультур на підставі їхніх потреб.

Об'єкт дослідження – технологічні процеси й механізовані засоби агротехнологій.

Предмет дослідження – методи моделювання механізованих агротехнологій для реалізації біопотенціалу агрокультур.

Ключові слова: ЯКІСТЬ ВИКОНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ, КРИТЕРІЇ ОПТИМІЗАЦІЇ, РЕСУРСИ, ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ.

ВСТУП

Актуальність теми. Нинішнє аграрне виробництво оснащене новітніми сортами та гібридами агрокультур, сучасною технікою з автоматизованими системами, зокрема, на базі прогресивних ІТ-технологій, що дає можливість пристосовувати засоби механізації до умов виробництва, а тому актуальною постає проблема використання техніки із забезпеченням оптимальних умов для росту й розвитку агрокультур.

Врожайність агрокультур у сучасних умовах залежить від багатьох чинників, основними з яких є середовище та посівний матеріал (40–45 %), мінеральні та органічні добрива (20–25 %), засоби механізації (25–30 %) та інше (організаційні питання, структура господарства тощо) (5–10 %).

На формування врожаю агрокультур значна вага відводиться засобам механізації технологічних процесів. У зв'язку із цим, постає актуальне завдання визначити здатність засобів механізації забезпечувати потреби рослин через агротехнічні вимоги.

Водночас нині діючі агротехнічні вимоги не відповідають сучасним агротехнологіям і засобам механізації. У деяких випадках певні господарства намагаються самостійно розробляти нові вимоги, але цей процес має епізодичний характер і пов'язаний із забезпеченням певних показників. Іншою, не менш важливою проблемою, є зміна як ґрунтово-кліматичних умов (середовища росту й розвитку рослин), так і вдосконалення самої техніки (маси, кінематичних розмірів, типів ходових систем), що має істотний вплив на ефективність її використання.

До теперішнього часу використання засобів механізації оцінювалося тільки фінансовим показником. Водночас цей критерій не враховував якісних показників забезпечення потреб рослин агротехнікою.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АГРОВИМОГ СУЧАСНИМИ ЗАСОБАМИ МЕХАНІЗАЦІЇ

Населення постійно збільшується, що зумовлює необхідність відповідного зростання виробництва продуктів рослинництва [3], тому надзвичайно важливо забезпечувати максимальну реалізацію біологічного потенціалу агрокультур у тому числі завдяки підвищенню якості механізованих процесів.

Сучасне аграрне виробництво спрямоване на підвищення врожайності різними підходами: впровадження нових сортів та гібридів аграрних культур, забезпечення умов для ефективного росту й розвитку агрокультур, застосування багатокомпонентних мінеральних добрив, застосування стимуляторів і регуляторів росту та ін.

Необхідно окремо зупинитися на забрудненні довкілля та ґрунтових вод рештками засобів захисту рослин (ЗЗР), мінеральних добрив та регуляторів росту.

Актуальними на сьогодні є спроби Європарламенту повністю заборонити використання гліфосату в ЄС до 15 грудня 2022 р. Під час великого зростання норм внесення хімікатів часто виникає проблема із засвоєнням великих доз хімікатів та утримання їх у ґрунті та переведення в доступну форму для рослин [4]. У своїх роботах М. П. Гусаренко підкреслює, що в системі використання засобів захисту рослин вирішальне значення відводиться саме якості їхнього внесення, від якої залежить економічність, екологічність і формується ефективність самого процесу застосування робочих розчинів [5].

Попередніми дослідженнями було встановлено, що якість виконання механізованих операцій складає 30% реалізації біологічного потенціалу агрокультур, тобто максимально можливої врожайності культур [1]. Парфенов А. М. та Корнієнко А. В. оцінюють роль сорту у формуванні

врожайності агрокультур, вважаючи, що він становить від 30 до 70 % [8]. За даними вчених внесок добрив становить від 30 до 50 %, насіння – 8-20 %, захисту рослин – від 15 до 33 %; значущість обробітку ґрунту становить від 15 до 30 %. Водночас такі показники можливі за умови ідеального середовища [6].

Формування врожайності в сучасному агровиробництві розподіляється у такий спосіб: потенціал сортів та гібридів, штучне живлення агрокультур, дотримання оптимальних умов для росту та розвитку агрокультури.

З огляду на те, що для максимальної реалізації потенціалу агрокультур необхідно знати їхні потреби, необхідно розглянути внесок вчених-агрономів у вивчення потреб агрокультур у наступній послідовності:

- стан ґрунтового середовища з погляду потреб агрокультур;
- аналіз діючих агротехнічних вимог та їхні реалізації технічними засобами;
- обґрунтування структури та експлуатаційних показників машинних агрегатів;
- моделювання технологічних процесів та комплексів машин.

1.5. Стан середовища з погляду потреб агрокультур

Сучасне аграрне виробництво витрачає велику кількість як поновлювальних, так і неоновлювальних енергоресурсів: розробка засобів механізації, їхнє використання під час вирощування продукції рослинництва, витрата енергії на виробництво засобів захисту рослин (ЗЗР) та елементів живлення для агрокультур. Встановлено, що сучасний агропромисловий комплекс витрачає від 25 до 40 % і більше загального балансу енергоресурсів, яке використовує людство [14]. На сьогодні в науковій літературі, яка формується на основі експериментальних досліджень та виробничого досвіду, особлива увага приділяється максимальній реалізації біологічного потенціалу посівного матеріалу [17], у тому числі завдяки створенню оптимальних умов для росту та розвитку агрокультури на всіх етапах вегетації [25].

Вирішальний вплив на урожай має людина, яка може покращувати властивості середовища та створювати оптимальні умови для повного використання потенціалу посівного матеріалу.

Для ефективності вирощування агрокультур, максимальної реалізації біологічного потенціалу, необхідно враховувати показники вологозабезпечення, теплозабезпечення та інших природних критичних чинників, оскільки від них залежить рівень агротехніки для кожної конкретної агрокліматичної зони [28,29].

В області аналізу стану середовища на кожній певній фазі органогенезу, вивчення потреб агрокультур у процесі їхнього росту та розвитку та розробки технологій вирощування займаються науково-дослідні інститути аграрного виробництва та навчальні заклади аграрного спрямування.

Дослідження А. С. Азаренкової та В. Ф. Петриченка вказують на те, що розміщення сортів та гібридів агрокультур не завжди враховують реальний стан ґрунтового середовища відповідно до біокліматичного потенціалу регіону. Це ставить задачу щодо вдосконалення розміщення сортів та гібридів культур з урахуванням їхніх потреб та умов певних регіонів [9].

На думку В. А. Ковди, необхідно для кожного певного мікрорегіону добирати культури з визначеними сортами або гібридами та науково обґрунтованою системою вирощування агрокультур із забезпеченням їхніх потреб на кожній фазі розвитку для досягнення планового рівня врожайності

Йозефа Штангела відзначає, що досягти реалізації біологічної врожайності сільськогосподарської культур можна лише за умови створення для них оптимальних умов для росту з урахуванням особливостей та потреб посівів.

З огляду на вищевикладене встановлено, що на якість технологічних операцій по догляду за посівами впливає стан середовища та відповідність робочих органів забезпечувати агротехнічні вимоги.

Аналіз стану агрокультур та середовища вирощування дає змогу визначитися з їхніми потребами під час росту та розвитку. Це дає змогу впливати на реалізацію біологічного потенціалу агрокультур.

1.6. Аналіз діючих агротехнічних вимог та їх реалізація сучасними технічними засобами

Під час вирощування агрокультури всі технологічні процеси пов'язані між собою. В аграрному виробництві урожайність і якість продукції багато в чому залежить від того, наскільки забезпечено умови для росту й розвитку агрокультур та в які строки проведені всі необхідні механізовані роботи. Якщо вони виконані в оптимальні строки, з забезпеченням якості, вплив несприятливих природних чинників істотно зменшується. І, навпаки, незабезпечення якості робіт веде до зниження врожайності і якості продукції [2].

Постулати якості полягають у тому, що кожна технологічна операція формує загальну якість технологічного процесу та впливає на кінцевий результат – на кількість і собівартість продукції. Неякісно виконану технологічну операцію неможливо ні переробити, ні компенсувати, ні надолужити високою якістю подальших технологічних операцій.

Механізовані технологічні операції, виконані з порушеннями агротехнічних вимог, не можна переробити або виправити. Так, переорювання погано зораного поля призводить до втрати вологи, зростає загроза майбутньому врожаю; зрізані за міжрядного обробітку культурні рослини до життя не повернеш; зерно, втрачене за комбайном під час збирання, нічим не підбереш; лущена оболонка зерна під час збирання або дроблене зерно до стану цілого не повернути. Наочно це проявляється на збиранні, де від низької якості робіт аграрне виробництво несе великі прямі втрати продукції. Так, дослідженнями встановлено, що середні втрати зерна на збиранні колосових культур складають 8-10 %. Під час збирання комбайнами низки інших культур (цукровий буряк, картопля, бавовна, соя тощо), заготівлі кормів втрати продукції бувають ще більш високими [16].

Для вивчення відповідності агротехнічних вимог сучасним робочим органам і агромашинам проаналізовані основні механізовані технологічні операції загального технологічного процесу, зокрема, дискування, оранка, посів, обприскування та збирання.

1.7. Аналіз структури сучасних машинних агрегатів та моделювання їх експлуатаційних показників

Дослідження ефективності використання машинних агрегатів починається на етапі вибору агрокультури та аналізі умов її вирощування. Важливо в комплексі аналізувати винос агрокультурою елементів живлення з ґрунту, бонітет ґрунту, можливість внесення органічних добрив та на підставі проаналізованої інформації визначити норму внесення мінеральних добрив, що не лише зробить коригування під час формування прямих експлуатаційних витрат, але й дасть змогу визначити чітке завантаження машинного агрегату.

На основі проведених досліджень науковців, встановлено, що ґрунт найбільш суттєво піддається негативному впливу агротехніки. Від стану середовища – ґрунту, залежить його біологічна активність, здатність забезпечувати коріння рослин повітрям та вологою, інтенсивність перетворення поживних рештків у доступні рослинам форми.

У якість виконання механізованих технологічних операцій залежить від структури та типу ґрунту, які під час роботи машинних агрегатів характеризуються питомим опором, який залежить від вологості ґрунту та його пористості [23].

Проблемами дослідження роботи машинними агрегатами на різних технологічних операціях та в різних природно-кліматичних умовах займалися вчені. Встановлено, що основними параметрами, які впливають на роботу машинних агрегатів є питомий опір, який пов'язаний із коефіцієнтом зчеплення, опору перекочування та буксуванням. Від них так само залежать такі показники, як продуктивність та витрати палива. Водночас питомий опір не дає характеристики розвитку агрокультури, а визначальним показником для неї є твердість ґрунту. Необхідно встановити залежність між питомим опором ґрунту та його твердістю.

Реальна робоча швидкість машинного агрегату під час виконання технологічної операції залежить від складу машинного агрегату.

Водночас швидкість та робоча ширина захвату машинного агрегату – це взаємопов’язані величини: у разі зростання робочої швидкості під час оранки ґрунт від робочих органів перекидається на необроблену частину поля. Отже, змінюється й коефіцієнт використання ширини захвату, що впливає на визначення продуктивності машинного агрегату.

На основі проведених досліджень В. Ф. Пащенко, О. В. Ульянченко розробили рекомендації щодо формування раціональних машинно- тракторних агрегатів. Відповідно до розробленої ними системи обґрунтовується найбільш раціональні режими роботи агрегатів на основі агротехнічних вимог [24].

Так, за обприскування посівів швидкість руху агрегату дуже серйозний показник, який впливає на рівномірність внесення ЗЗР [5, 4]. За обґрунтування швидкості обприскувача, на рівні з технологічним параметром можна використовувати критерій виникнення допустимих напружень в елементах конструкції обприскувача за дії динамічних сил, що впливають на міцність та довговічність конструкції [10].

Польові дослідження показують, що ширина захвату використовується по різному залежно від типу технологічної операції [4].

У своїх роботах Р. Б. Кудринський розглядає зміну ширини захвату не лише у разі зміни агрегату, а й за зміни наробітку [7].

Зміна агромашин та енергозасобів дає змогу виконувати технологічні операції на підвищених швидкостях. Тому є потреба в перегляді коефіцієнта використання ширини захвату з урахуванням сучасних можливостей техніки й потреб агрокультур.

У сучасних умовах господарювання використання рослинних решток – одна з актуальних проблем за формування структури ґрунту. Фахівцями компанії Roettinger був проведений аналіз кількості рослинних решток, які після себе лишають культури. На підставі проведених досліджень встановлено, що на полі присутня нерівномірність їхнього розподілення, що істотно впливає на накопичення та збереження вологи в ґрунті [15].

У своїх дослідженнях О. Говоров доводить, що солома може використовуватись як добриво [8]. На основі проведених досліджень ступінь подрібнення соломи повинна бути менше 10 см, що підвищує її вологопоглинальні властивості і пришвидшує її перегнивання [28]. Як встановив розмір подрібнення соломи повинен становити 5-7 см [24]. Інтенсивність перегнивання соломи досить низька. За умови рівномірного розподілення соломи на поверхні поля комбайном та її подрібнення на частинки 25-40 мм за 4 місяці розкладається до 46 %, решта – через 2-3 роки [18].

Питаннями ефективності використання зернозбиральних комбайнів займалися такі вчені, як А. А. Демко [19], Е. В. Желнін, Г. Г. Маслов. Проведення збирання аграрних культур супроводжується певним дробленням зерна. Це виникає завдяки неврахуванню реальної пропускної здатності збиральної машини, яка залежить від стану біологічного врожаю, у тому числі від виду культури коефіцієнта солomистості, вологості тощо. Необхідним є розробити залежність коефіцієнта солomистості та додаткової пропускної здатності, що буде коригуючим елементом залежно від урожайності поля на кожній його певній ділянці.

Встановлено, що в процесі вирощування зернових культурах кожна ділянка поля піддається 3-5-разовій дії коліс енергозасобу, просапних – 5-7- разовій [24].

Істотний вплив на ущільнення ґрунту та його структурний склад здійснюється ходовими системами засобів механізації. Встановлено, що сумарна площа слідів ходових системи агротехніки часто вдвічі перевищує площу поля, водночас на поворотних смуга – у 6-20 разів. Що значно може перевищувати верхню межу оптимального ущільнення, яка для чорноземів становить $1,35 \text{ г/см}^3$, а твердість ґрунту доходить до критичного значення у 2,0 МПа. Цей ефект називають машинною деградацією [19]. Фактично щільність ґрунту зростає до $1,40\text{-}1,60 \text{ г/см}^3$, а оптимальною є щільність від $0,90\text{-}1,10$ до $1,30\text{-}1,40 \text{ г/см}^3$, залежно від агрокультури та фаз їхнього розвитку [26, 29].

Потребує додаткового вивчення в реальних аграрних господарствах структура часу доби роботи машинних агрегатів. У зв'язку з використанням активних систем забезпечення робочого процесу на агромашинах виникає необхідність додаткових джерел енергії від енергетичного засобу, запроваджені нові способи агрегування машинного агрегату – це вимагає розробки структурно-логічної схеми машинних агрегатів із вивченням кінематики в польових умовах.

Дослідженнями встановлено, що на сьогодні відсутня структурно-логічна схема комплектування машинних агрегатів щодо різних їхніх типів.

1.8. Аналіз методів моделювання технологічних процесів та комплексів машин

Пошук ефективності функціонування машинних агрегатів та критерії оптимізації технологічних процесів трансформуються відповідно до змін засобів механізації та досягнень у агрономічній сфері, водночас основа задачі залишається актуальною і на сьогодні.

Ефективність використання систем аналізу і прогнозування використання техніки в аграрному виробництві залежить від врахування багатьох чинників: стану середовища та його змін за час вегетаційного періоду, вимоги сортів (гібридів) культур, сучасні зразки техніки з визначенням їхнього впливу на формування техніко-економічних показників та інших.

У системі автоматизованого розрахунку потреб у сільськогосподарській техніці “АСУ – Пласт”, та автоматизованій системі управління технологічними процесами і використанням машинного парку в рослинництві – “АСУ – Нива”, які розроблені науковцями на чолі з Е. А. Фінном, використовується такий алгоритм: технологічний агрегат, група взаємодіючих машин, набір агрегованих машин, комплекс машин для вирощування культур, парк машин, система машин для комплексної механізації рослинництва. Проте розроблені системи спрямовані на забезпечення умов адміністративно-командної структури Радянського Союзу, що не відповідає сучасним реаліям аграрного бізнесу.

Досліджуються питання оптимізації структури машинно-тракторного парку та комплексів машин. Розроблена математична модель спрямована забезпечення оптимізації з урахуванням площі полів, кількості машинних агрегатів, агростроків, забезпеченості потоковості виробничих процесів. Оцінка ефективності роботи засобів механізації системи багатокритеріальна і проводиться за критеріями: прямі експлуатаційні витрати, матеріаломісткість, затрати робочого часу, витрати палива. Алгоритм роботи системи: технологія – машинні агрегати – комплекси машин. Використання програми забезпечує визначення параметрів та режимів роботи для нинішніх та перспективних засобів механізації; визначення техніко-експлуатаційних показників работ агротехніки; обґрунтування нормативу потреби в техніці для господарств із різною площею та різними культурами; обґрунтування комплексів машин для визначення технологій вирощування агрокультур; визначення затрат для проведення технічного обслуговування, ремонту та зберігання техніки. Питаннями дослідження технологій вирощування аграрних культур відповідно до ґрунтово-кліматичних умов та їхнього забезпечення механізацію[12].

Методика і програмне забезпечення обґрунтування оптимальних комплексів машин, розроблена В. І. Пастуховим [24], використовує імітаційне моделювання, яке складається із сукупності відмінностей: карт поля з відомостями про питомий опір ґрунту та його рельєф, що дає можливість отримувати реальну робочу швидкість з урахуванням коефіцієнта буксування машинних агрегатів, реальні витрати палива; кількісно оцінити якість виконання операцій, дію екологічних показників та їхня вагомість під час забезпечення техпроцесу.

Проведеним аналізом встановлено, що в нинішні методах оптимізації комплексів машин частково враховані сучасні технології, нерозроблені бази агрокультур з урахуванням сортів та гібридів; полів із визначенням умов вирощування агрокультур; технологічних операцій; агромашин та енергетичних засобів; систем контролю якості роботи машинних агрегатів. Відсутня методика економічної оцінки механізованих агротехнологій з урахуванням коефіцієнта якості.

Висновки до розділу 1

Нинішні вимоги для механізованих технологій виробництва продукції рослинництва розроблені на основі досліджень майже столітньої давності, не відповідають сучасним можливостям технічних засобів, новим сортам і гібридам аграрних культур, недостатньо повно враховують потреби агрокультур для реалізації біологічного потенціалу. Як результат, сучасні методи обґрунтування ефективності використання машинних агрегатів за виконання конкретної технологічної операції не повною мірою враховують критерії ефективності, а саме: створення оптимальних умов для росту й розвитку агрокультур та вибір оптимальних режимів роботи, які сприяють забезпеченню потреби рослин. Для досягнення якісних та кількісних показників врожаю необхідно під час виробництва продукції рослинництва застосовувати такий алгоритм: культура → потреби рослини → агровимоги → агротехнічні вимоги → показники якості виконання технологічної операції → робочі органи → агромашина.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

2.5. Основні чинники впливу на процес росту та розвитку рослин.

Місце та роль механізованих процесів

Урожайність агрокультур у сучасних умовах залежить від багатьох чинників, основними з яких є середовище та посівний матеріал, мінеральні та органічні добрива, засоби механізації та інше (організаційні питання, структура господарства) (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 Основні чинники формування врожайності агрокультур

Середовище та посівний матеріал, %	40-45
Мінеральні та органічні добрива, %	20-25
Засоби механізації, %	25-30
Інше, %	5-10

Як видно з таблиці 2.1, значна частина формування урожайності агрокультур відводиться засобам механізації технологічних процесів. У зв'язку з цим було поставлено основну задачу досліджень, яка заключалася в оцінці якісної здатності засобів механізації забезпечувати потреби агрокультур.

Критерієм оцінки може слугувати коефіцієнт якості, величину якого, в принципі, можливо визначити як відношення можливостей агромашин до потреб агрокультур (агрокультур).

$$\text{Коефіцієнт якості} = \frac{\text{Можливості машин}}{\text{Потреби агрокультур}}$$

Для обґрунтування вказаних показників і їхніх параметрів були запропоновані і введені нові терміни, крім уже відомих: *потреби агрокультур, агровимоги, агротехнічні вимоги, технологічні можливості агромашин*.

До потреб агрокультур залежно від виду, сорту чи гібриду агрокультури,

належать стан середовища, норма висіву, глибина заробляння насіння, норми внесення NPK, потреби у ФАР, коефіцієнт транспірації тощо. Названі потреби вивчаються фахівцями агрономічних наук і які є основою, у тому числі, для проектування і використання засобів механізації технологічних процесів у рослинництві. Термін "потреби рослин" щодо агрокультур названо "потреби агрокультур".

Потреби агрокультур – система заходів і матеріалів, передбачена відповідною технологією виробництва певної агрокультури в певних умовах. На основі потреб агрокультур визначаються ті чинники, через які можливо вплинути засобами механізації на забезпечення потреб агрокультур.

Їхній перелік будуть формувати *Агровимоги*.

Агровимоги – сукупність показників і їхніх параметрів, визначених потребами агрокультур, які необхідно виконати відповідною технологічною операцією залежно від сорту (гібриду), природно-кліматичних умов та за обґрунтованою технологією.

Агровимоги формуються для кожної технологічної операції вирощування агрокультури з відповідним переліком показників і їхніх значень. Відомо, що реалізація агровимог засобами механізації включає безліч труднощів. Наприклад, площа живлення рослин за агровимогами відповідає сотам, у центрі яких вони розміщені, а сучасними сівалками насіння розташовується рядками з відповідною шириною міжрядь і певною віддаллю між насінинами в рядку. Розташування насіння за агровимогами та реальністю не збігається. Отже, необхідно на основі *агровимог* розробити *агротехнічні вимоги*, які враховують додаткові показники, пов'язані з використанням техніки та певні допуски у зв'язку з тим, що не можливо на даному етапі розвитку науки і промислового виробництва виготовити такі машини, які зможуть повністю забезпечити агровимоги.

Показники агротехнічних вимог мають бути структуровані за ренкінгом, тобто відповідним впливом на накопичення врожайності.

Агротехнічні вимоги – сукупність вимог у вигляді технологічних

параметрів визначених показників до кожної механізованої операції відповідно до агровимог, а також додаткових параметрів, які виникають у результаті застосування засобів механізації, з можливими допусками та впливом на ступінь забезпечення потреб агрокультур.

На основі агротехнічних вимог проєктуються нові конструкції машин або вдосконалюються нинішні.

Водночас за використання засобів механізації в реальних умовах на їхні показники роботи впливають швидкозмінні чинники, які знижують можливість машин забезпечувати потреби агрокультур, тобто не повністю виконувати *агротехнічні вимоги*. Отже, *технологічні можливості* машин не повністю виконують агротехнічні вимоги й залежать від конструкції агромашин, технічного стану, умов їхнього використання та можливостей пристосування.

Технологічні можливості агромашини – властивість агромашини забезпечувати агротехнічні вимоги під час виконання відповідної механізованої операції.

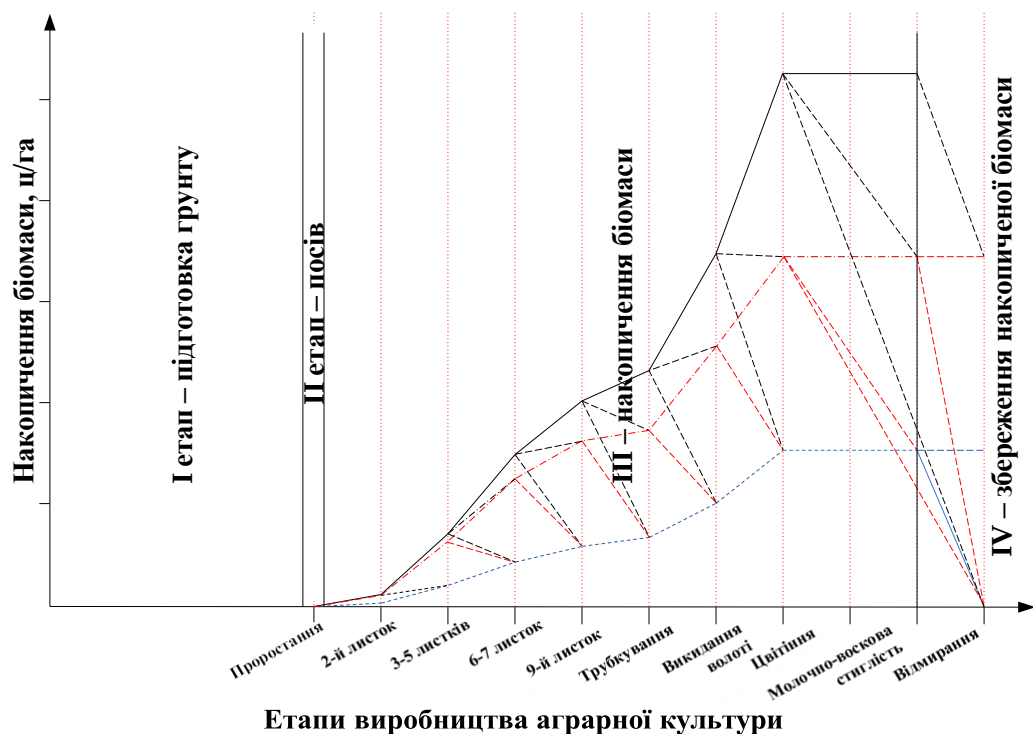
У результаті створено ланцюг методології розробки керованої системи оцінки якості механізованих процесів: Потреби агрокультур (перелік потреб для отримання запланованого врожаю) → Агровимоги (перелік показників, які можливо реалізувати в певний період різними системами) → Агротехнічні вимоги (показники агровимог, які можуть забезпечуватися засобами механізації, включно з додатковими показниками, які виникають за умов використання агротехніки з урахуванням відповідних допусків) → Технологічні можливості машин (реальне значення показників агротехнічних вимог за використання відповідних засобів механізації) → Зміна врожайності (показники, які впливають на зміну врожайності агрокультури за використання конкретного засобу механізації на відповідній технологічній операції).

Вирощування будь-якої агрокультури – складний системний процес. За умови отримання високого врожаю у кількісному та якісному відношеннях,

необхідно досконало вивчити всі необхідні умови забезпечення життєдіяльності агрокультури.

Весь процес росту та розвитку агрокультури складається з основних етапів і їхніх мікростадій, до яких належать: *перший етап*, який передбачає обробіток ґрунту після попередника (створити умови для старту посівного матеріалу); *другий етап* – підготовка ґрунту під посів та сівба (підготовка ложе та орієнтація насінини відповідно її потреб); *третій* – догляд за посівами (забезпечити постійне накопичення біомаси); *четвертий* – збирання (передбачає збереження біомаси та її якісних властивостей). Водночас для кожної мікростадії існує свій обсяг приросту біомаси (рис. 2.1).

Для реалізації гіпотези, наведеної у першому розділі, вивчалися передбачені етапи росту та розвитку агрокультури на прикладі кукурудзи на зерно (рис. 2.1):



(—————) – накопичення максимально можливої біомаси у разі забезпечення всіх потреб кукурудзи на зерно; (.....) – накопичення біомаси за умов виконання всіх агровимог; (.....) – накопичення біомаси за умов використання технологічних можливостей агромашин.

Рис. 2.1. Етапи росту й розвитку кукурудзи на зерно [143, 145, 146]

На даній схемі розташовані три криві реалізації біологічного потенціалу агрокультури.

Перша крива описує процес накопичення біомаси кукурудзи за 100% забезпечення агровимог.

Друга крива характеризує процес накопичення біомаси агрокультурою, передбачене агротехнічними вимогами.

Третя крива – процес накопичення біомаси за умови виконання технологічних операцій відповідними засобами механізації з їхніми технологічними можливостями.

Перший етап для агрокультури є дуже важливим, адже саме попереднє дослідження з подальшою підготовкою ґрунту забезпечує оптимальне створення умов для розвитку агрокультури. На першому етапі необхідно вивчити, на основі попередніх досліджень і розробок фахівців, таке:

- тип ґрунту на площі, де планується вирощування аграрних культур;
- уміст хімічних сполук та їхня доступність для культури;
- баланс гумусу;
- засміченість бур'янами, шкідниками та хворобами;
- рН ґрунту;
- вміст присутньої біоти;
- проаналізувати негативні явища, які супроводжували вирощування попередників, й усунути їх під час вирощування аграрних культур.

Інтенсивність росту агрокультури, реалізація біологічного потенціалу, а також засмічення ґрунту невикористаними хімічними сполуками (як мінеральних добрив, так і засобів захисту агрокультур), ущільнення верхнього шару ґрунту і прогресування утворення плужної підшви, негативні явища, пов'язані з ерозійними процесами ґрунту – усі ці процеси будуть змінювати активність розвитку агрокультури залежно від (біологічного, агрономічного, механічного) підходу товаровиробника, для створення оптимальних умов для агрокультури.

Після отриманих результатів аналізу ґрунту необхідно підібрати сорт,

який за сумою температур регіону зможе сформувати максимальну врожайність, буде стійкий до основних хвороб, стресових чинників і негативних явищ ґрунтово-кліматичних умов та у відповідних умовах зможе мати високий приріст врожайності.

Другий етап вивчає як доставити насіння в ґрунт, на яку глибину, яке повинно бути середовище, як створити контакт насінини з цим середовищем, іншими словами, як створити оптимальні умови для насінини. Для цього, насамперед, необхідно:

- визначити, якими стартовими елементами необхідно обробити посівний матеріал;
- яке насіннєве ложе повинно бути сформоване для насіння;
- на яку глибину необхідно проводити посів;
- яка норма висіву для даного сорту та конкретних умов забезпечить оптимальне накопичення енергії;
- яка повинна бути ширина міжрядь.

На третьому етапі для накопичення енергії і, тим самим, формування максимального врожаю, необхідно:

- дослідити і проаналізувати необхідні умови для вегетації агрокультури;
- встановити за кожною фазою органогенезу необхідні умови для агрокультури, які пов'язані і з оптимальною кількістю хімічних сполук у прикореневій зоні (за глибиною і віддаллю від основного стебла), і з агрегатним (фізичним) станом ґрунту, і з кількістю продуктивної вологи в ґрунті;
- визначити, яким повинен бути препарат за хімічним складом та яким чином доставити його до «споживача», чи то листка, чи то коріння, щоби забезпечити оптимальну його дію.

Четвертий етап розвитку агрокультури характеризує збереження накопиченої маси, адже мало виростити врожай, важливо його зібрати з мінімальними втратами його фізичного обсягу та якісних показників зернової маси.

Вивчення етапів росту та розвитку агрокультур дає можливість прослідкувати накопичення біомаси агрокультури при різних рівнях забезпечення її потреби.

У зв'язку з тим, що основну масу потреб агрокультур можливо забезпечити за допомогою відповідних засобів механізації, то порядок визначення коефіцієнта якості, як критерія оцінки впливу засобів механізації, зводиться до такого:

- на кожному етапі визначитися з показниками потреб агрокультур, які можливо забезпечити агромашинами;
- розробити агровимоги до кожної технологічної операції для реалізації їх засобами механізації;
- розробити агротехнічні вимоги з відповідними допусками на основі показників агровимог з урахуванням додаткових показників, які виникають у результаті використання техніки;
- запропонувати розробити конструкцію агромашин, які будуть відповідати агротехнічним вимогам, або вдосконалити нинішні агромашини, якщо їх конструкція не відповідає сучасним агротехнічним вимогам.
- у реальних умовах виробництва визначити технологічні можливості машин за відповідними параметрами показників;
- визначити коефіцієнт якості та долю впливу засобів механізації на накопичення біомаси;
- розробити керовану систему механізованої агротехнології якості виконання механізованих технологічних процесів.

2.2 Економічні показники оцінки роботи машинних агрегатів

До економічних показників належать затрати праці та прямі експлуатаційні затрати [6, 22].

Затрати праці визначаються:

Затрати праці визначаються:

$$H_{np} = \frac{\sum n_i}{W}, \text{ люд.-год/га,} \quad (2.1)$$

де n_i – кількість i -ого персоналу, що обслуговує машинні агрегати, люд;
 $W_{год}$ – годинна продуктивність, га/год.

Прямі експлуатаційні затрати під час роботи машинних агрегатів складають:

$$C = C_{on} + C_{нмм} + C_a + C_p + C_z, \text{ грн/га}, \quad (2.2)$$

де C_{on} – оплата праці операторів, що обслуговують машинний агрегат, грн./га; $C_{нмм}$ – вартість паливно-мастильних матеріалів, грн/га; C_a – амортизація, грн/га; C_p – відрахування на технічний сервіс, грн/га; C_z – відрахування на зберігання, грн/га.

Оплата праці персоналу нараховується з огляду на мінімальну заробітну плату, встановлену Законодавством України, регіональний коефіцієнт, кваліфікацію та тарифні розряди виконаних робіт.

Додатково до оплати праці можуть бути нарахування залежно від фінансового стану господарства.

Оплата праці операторів, що обслуговують машинні агрегати, становить:

$$C_{on} = \frac{\sum n_i C_i}{W_{год}}, \text{ грн/га}, \quad (2.3)$$

де C_i – оплата праці i -го оператора, відповідно до встановленого тарифу, з урахуванням доплат, грн/год.

Вартість паливно-мастильних матеріалів дорівнює:

$$C_{нмм} = Q(1 + k_{мм})W_{год}C_{нм}(1 + k_{вм}), \text{ грн/га}, \quad (2.4)$$

де $G_{год}$ – годинна витрата палива, кг/га; $k_{мм}$ – коефіцієнта витратних матеріалів; $C_{нм}$ – ціна палива, грн/кг.

Для визначення коефіцієнта витратних матеріалів, під час виконання роботи машинного агрегату, необхідно визначити складові машинного агрегату, де вони використовуються. Такими, як правило, є двигун, мости, коробка зміни передач, гідросистема енергозасобів та агромашин; їхній загальний об'єм та термін між замінами.

Коефіцієнт використання витратних матеріалів у i -ому вузлі на 1 кг витраченого палива, дорівнює:

$$k_{mm} = \sum \frac{100v_i}{G_{zod}}, \%, \quad (2.5)$$

де G_{zod} – витрата палива i -им машинним агрегатом, кг/га.

Для визначення ціни паливно-мастильних матеріалів, з урахуванням витрати додаткових матеріалів, необхідно мати дані щодо об'єму витратних матеріалів i -го вузла та вартості i -го виду витратного матеріалу. Комплексна ціна паливно-мастильних матеріалів дорівнює:

$$k_{am} = \sum \frac{100v_i}{CM_i}, \%, \quad (2.6)$$

де CM_i – ціна V_i об'єму витратних матеріалів i -го вузла, грн.

Для своєчасного оновлення техніки, у статті витрат обов'язковим є амортизація, що забезпечує безперебійне виконання механізованих технологічних операцій роботоздатною та морально не застарілою технікою.

Оптимальний алгоритм амортизації аграрної техніки – виробничий метод, за якого враховується очікуваний рівень інтенсивності її використання. Перший рік експлуатації техніки є мінімальним за нарахування амортизації, максимальними є 2 та 3 роки, і далі витрати на амортизацію ідуть на спад. Нарухування амортизації проводиться пропорційно до ступеня фактичного використання техніки. Цей спосіб враховує фактичне зношення техніки, для якої строк амортизації (відповідно до чинного законодавства України) складає 5 років, і за якого важливе фізичне зношування, а не термін експлуатації.

Амортизація визначається:

$$C_a = \frac{1}{W_{\text{год}}} \sum \frac{(B_i - L_i) a_i}{t_i}, \text{ грн/га}, \quad (2.7)$$

де L_i – ліквідаційна вартість техніки, грн; a_i – щорічне відрахування на амортизацію в i -ому році, грн.

Для ефективного використання техніки розглянемо питання пришвидшеної амортизації, щорічний відсоток амортизації, який дорівнює $k=2,083x^3-22,321x^2+70,595x-40$, де x – рік використання техніки (рисунок 2.1).

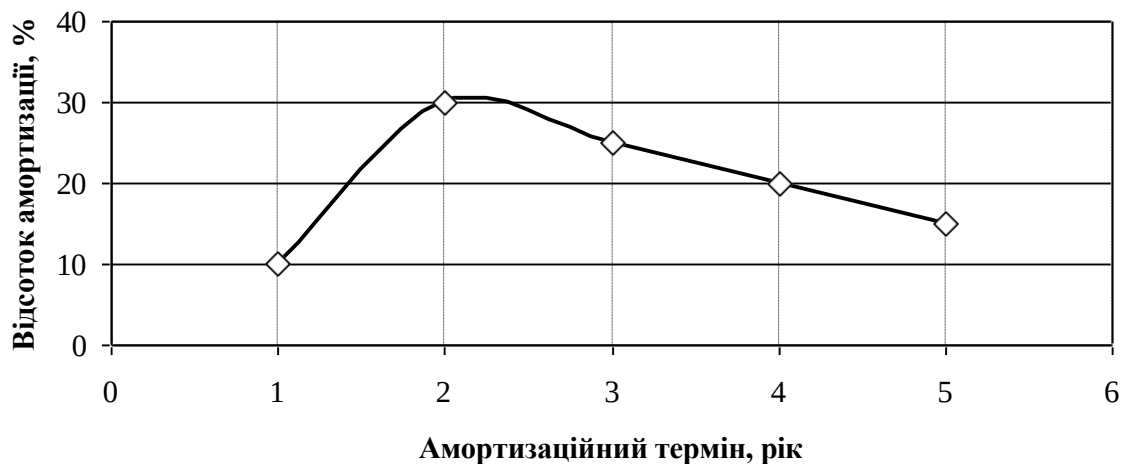


Рис. 2.1. Зміна відсотку амортизації аграрної техніки в залежності від її експлуатації у господарстві.

Затрати коштів на технічний сервіс визначаються у відсотках балансової вартості техніки:

$$C_p = \frac{1}{W_{\text{год}}} \sum \frac{B_i p_i}{t_i}, \text{ грн/га}, \quad (2.8)$$

де B_i – балансова вартість i -ої одиниці аграрної техніки, грн; p_i – відрахування на сервісне обслуговування та поточний ремонт i -ої машини, %; t_i – річне завантаження i -ої машини, год.

Балансова вартість машин, які входять до складу машинного агрегату:

$$B_i = C_i + D_i + K_i, \text{ грн/га}, \quad (2.9)$$

де C_i – вартість i -ої машини, грн; D_i – витрати, пов'язані з доставкою i -ої

одиниці техніки до місця розташування господарства, грн; K_i – витрати, пов'язані з підготовкою i -ої техніки до запуску та її запуском, грн.

Відрахування на зберігання машин дорівнюють:

$$C_z = \frac{1}{W_{год}} \sum \frac{D_i m_i}{t_i}, \text{ грн/га}, \quad (2.10)$$

де D_i – річна норма коштів на зберігання i -ої машини, грн; m_i – кількість i -их машин в агрегаті; t_i – річне завантаження i -ої машини, год.

Існує альтернативний алгоритм зберігання техніки. Для зниження витрат на зберігання аграрної техніки в умовах господарства та забезпечення фінансової підтримки робітників підприємства, відповідну техніку на зимовий період можна передавати до профільних закладів освіти, які мають фахову підготовку з інженерних та агрономічних спеціальностей. Водночас у штатному розписі закладів освіти можливо передбачити заробітну плату для трактористів господарства. Це необхідно для забезпечення контролю використання техніки в умовах закладів освіти, з боку агропідприємства.

Тракторист, перебуваючи на посаді допоміжного персоналу, відкриває доступ до елементів керування трактора, навігаційної системи та вузлів його сервісного обслуговування. За певною домовленістю, на період зберігання техніки, виділяється певна кількість мотогодин для відпрацювання практичних навичок водіння.

У разі використання альтернативного методу зберігання техніки господарство не несе фінансове навантаження на зберігання. Прямі експлуатаційні витрати дорівнюють:

$$C = C_{on} + C_{нмм} + C_a + C_p - C_z, \text{ грн/га}. \quad (2.11)$$

Отже, власник техніки має додаткові фінансові надходження завдяки економії коштів. Відповідний альтернативний варіант зберігання техніки зменшує собівартість роботи машин.

Собівартість механізованої технологічної операції машинними агрегатами визначається за методикою, наведеною в статті [22]. Оцінка ефективності виконання технологічної операції, з урахуванням якості її виконання, проводиться на підставі отриманого значення величини врожайності агрокультури та собівартості її проведення:

Оцінка раціонального вибору комплексу машин, для забезпечення виконання механізованого технологічного процесу, проводиться на підставі аналізу прямих витрат під час роботи машинних агрегатів на кожній операції та розрахункової урожайності, з урахуванням коефіцієнта якості виконання робіт машинними агрегатами:

$$C = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{U_p}, \quad (2.12)$$

де C_i – прямі затрати i -го агрегату на j -й операції машинного агрегату, грн/га; U_p – реальна врожайність, т/га.

У такий спосіб приведений показник враховує собівартість та якість забезпечення технології вирощування культури.

Аналіз ефективності використання комплексу машин для вирощування агрокультур проводиться, використовуючи графіки реалізації біологічного потенціалу, за ідеальних і реальних умов у господарстві (рис. 2.2).

Кількість врожаю кукурудзи на зерно становить площу, обмежену відрізком осі абсцис – OO'' , рівняннями сплайнових функцій розвитку агрокультури, що представляє собою накопичення біомаси за умови забезпечення агротехнічних вимог – $y_1(t)$, $y_2(t)$, і ординатами, відповідними точкам на осі абсцис: $t = 125$ и $t = 300$. Загальний вигляд рівнянь кусково- квадратичних кривих має вид:

$$y(t) = a_i t^2 + b_i t + c_i, \quad (2.13)$$

де a_i , b_i , c_i ; $i = \overline{1, 2}$ – коефіцієнти, отримані експериментальним шляхом; t – календарні строки, дні.

$$y_1(t) = 0,004004321 * t^2 - 0,89884444 * t + 51,26697022, \quad \text{з достовірністю}$$

апроксимації $R^2 = 0,98$ – рівняння кривої реалізації біологічного врожаю в термін від 125 до 240 дня у разі реалізації біологічного потенціалу за забезпечення агротехнічних вимог;

$y_2(t) = -0,00707 \cdot t^2 + 4,189697 \cdot t - 530,327$, з достовірністю апроксимації $R^2 = 1$ – рівняння кривої реалізації біологічного врожаю в термін від 240 до 300 дня, за реалізації біологічного потенціалу за забезпечення агротехнічних вимог.

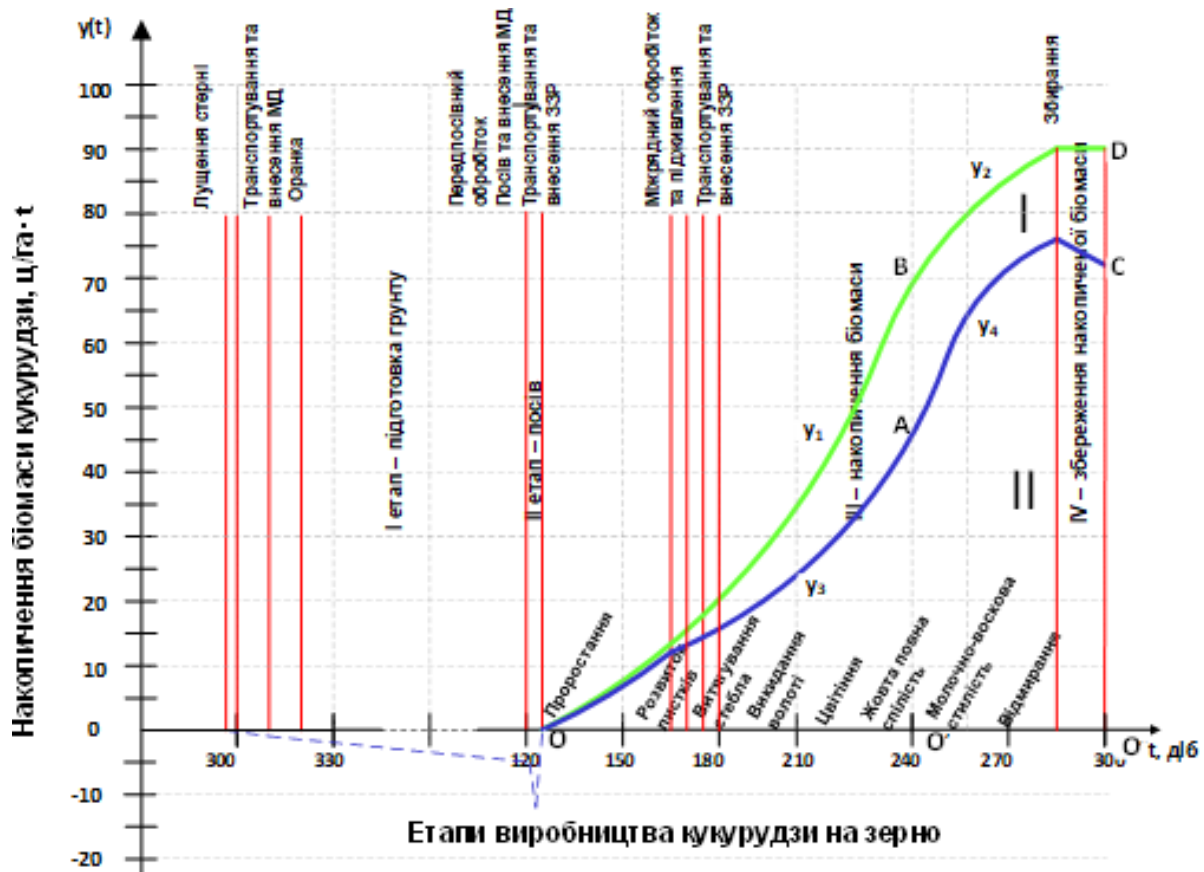


Рис. 2.2. Процес підготовки до накопичення біомаси та її накопичення відповідною агрокультурою

Кількість врожаю кукурудзи на зерно за технологічними можливостями агротехніки, являє собою площу, обмежену відрізком осі абсцис – OO'' , рівняннями сплайнових функцій – $y_3(t)$, $y_4(t)$ й ординатами, відповідними точкам на осі абсцис: $t = 125$ и $t = 300$, де:

$y_3(t) = 0,001959 \cdot t^2 - 0,34151 \cdot t + 13,37284$, з достовірністю апроксимації $R^2 = 0,99$ – рівняння кривої реалізації біологічного врожаю в термін від 125 до 240о дня, за реалізації біологічного потенціалу за технологічними можливостями

агротехніки;

$y_4(t) = -0,01475 * t^2 + 8,400606 * t - 1120,75$, з достовірністю апроксимації $R^2 = 1$ – рівняння кривої реалізації біологічного врожаю в термін від 240 до 300 дня, за реалізації біологічного потенціалу за технологічними можливостями агротехніки.

Криволінійна трапеція, обмежена зверху сплайновою функцією реалізації біологічного потенціалу, за накопичення біомаси агрокультурою за умови виконання всіх агровимог OBD, окреслена знизу сплайновою функцією реальної реалізації біологічного потенціалу агрокультури ОАС, й ординатами, відповідними точкам на осі абсцис $t = 125$ і $t = 300$, відповідає втратам врожаю від недовиконання якості.

2.3 Стан ґрунту та поліпшення його властивостей у період створення умов для росту й розвитку агрокультури

Вирощування аграрних культур супроводжується використанням механізованих технологічних операцій, з механічним та хімічним впливом на культуру безпосередньо та середовище, у якому вона розвивається. Відповідний вплив несе на собі певний негатив для наступних культур. Це є недопустимим з огляду реалізації біологічного потенціалу майбутньої культури. Основним завданням після збирання попередника є дослідження стану ґрунту та ґрунтового покриву для визначення заходів, спрямованих на створення необхідних умов для наступної культури.

Дослідження проводилося після збирання озимої пшениці, яку збирали комбайном Claas Lexion 760 з жаткою Claas Cerio 930.

Вивчення польових умов показало, що після збирання озимої пшениці (рис. 2.3 та 2.5), кукурудзи (рис. 2.4) залишається велика кількість рослинних рештків культур.



Рис. 2.3 Поверхня поля після збирання озимої пшениці

Рослинні рештки, які під час обмолоту пройшли через збиральний комплекс. Також на поверхні поля присутні: рослинна маса бур'янів, стерня та сліди від проходу по поверхні поля агрегатів під час виконання попередніх операцій і, особливо, збирального комплексу та машин.



Рис. 2.4. Поверхня поля після збирання кукурудзи на зерно



Рис. 2.5. Поверхня поля після збирання пшениці

Дослідженнями встановлено, що рослинні рештків після обмолоту пшениці подрібнюються комбайном, водночас їхнє розподілення на поверхні поля нерівномірне (рис. 2.6) [25].

Навіть регулювання подрібнювача та розсіюючого обладнання не призводить до суттєвих змін у рівномірності розподілення рослинних рештків пшениці. Встановлено, що розсіяна маса потрапляє не лише на змолочене поле, а й на стоячу поруч рослинну масу, що є також негативним явищем, яке погіршує процес обмолоту.

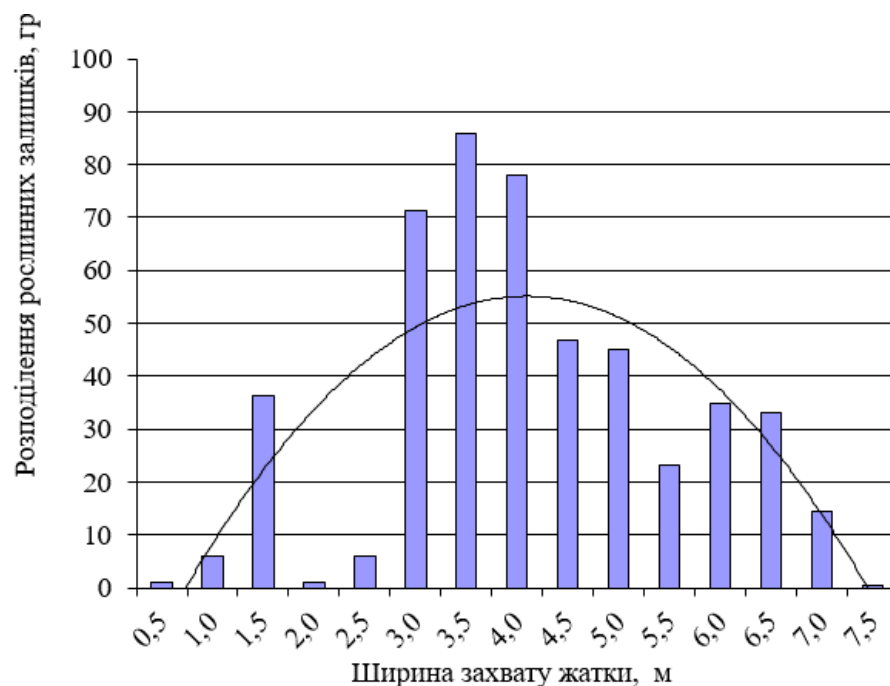


Рис. 2.6. Розподілення рослинних рештків за збирання пшениці комбайном Claas Lexion – 670 із жаткою Cerio

Дослідженнями встановлено, що 60-75 % втрат зерна за молотаркою зосереджується у валку соломизразу за подрібнювачем (рис. 2.3). У подальшому, відповідну «полосу» оброблюють, але показники якості (подрібнення рештків, рівномірність по глибині обробітку, заробка рослинних рештків у ґрунт) знаходяться на низькому рівні. Суттєва проблема виникає під час обробки відповідних полос гербіцидом, адже на них необхідно витратити більшу його норму (частину гербіциду забирають на себе рослинні рештки та велика кількість рослин на полосах). Для вирішення цієї проблеми необхідно забезпечити коректну роботу подрібнювача та розсіювача рослинних рештків. Залишені умови після попередника не створюють оптимальних умов для максимальної реалізації біологічного потенціалу агрокультури. Першочергово це переущільнення ґрунту, яке має показники від $1,3 \text{ г/см}^3$ та вище (рис. 2.7- 2.8), що не відповідає потребам рослини. Високе значення показника пояснюється осіданням ґрунту під дією доквілля, рухом ходових систем енергетичних засобів, аграрних машин та утворення ущільнюючих шарів від дії робочих органів аграрних машин [2].

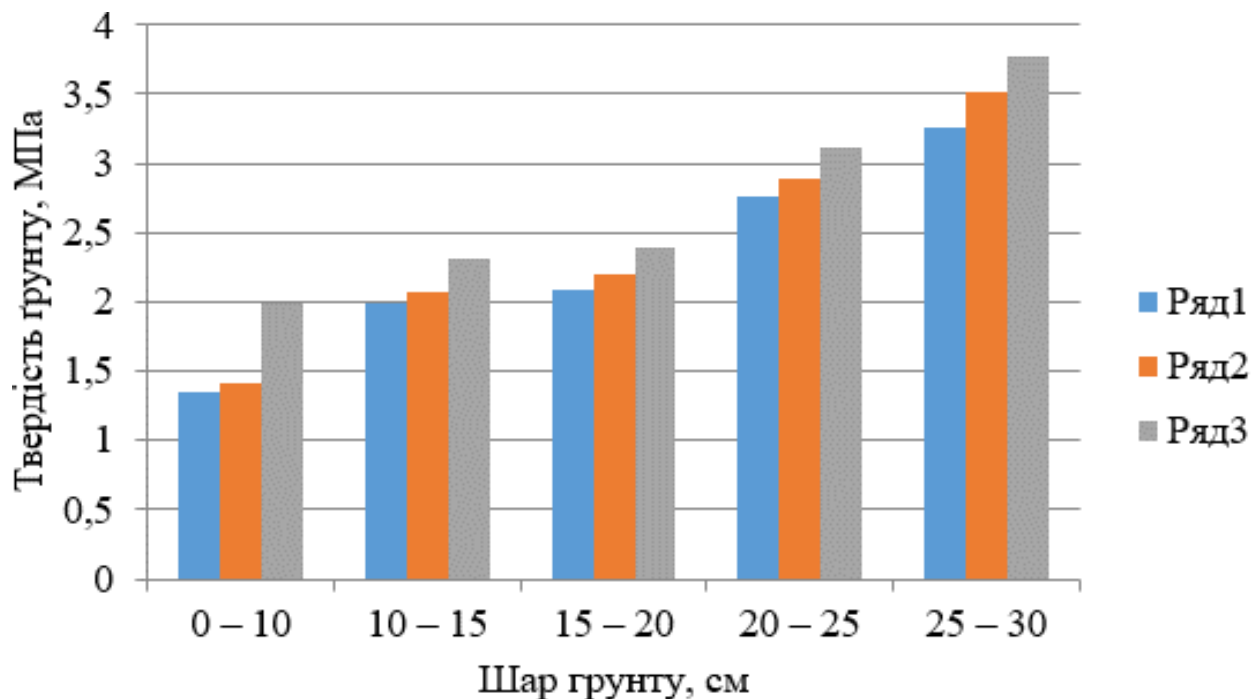


Рис. 2.7 Твердість ґрунту після збирання кукурудзи на зерно (у шарах)
(рядок / між рядками / по ходу рушія)

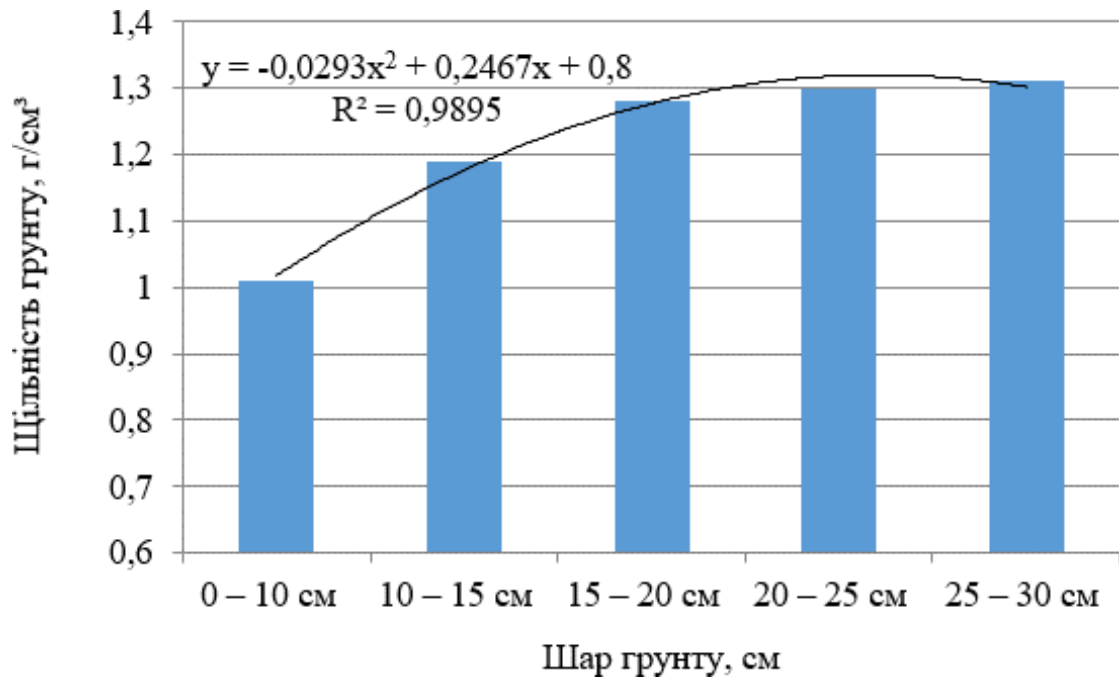


Рис. 2.8 Щільність ґрунту (у шарах) після збирання кукурудзи на зерно

За вирощування культури в таких умовах розвиток кореневої системи знижує інтенсивність розвитку, що напряду впливатиме на врожайність.

Утворені ущільнені шари перешкоджають накопиченню вологи в ґрунті та використанню ґрунтових вод, обмежують розвиток кореневої системи. Для вирішення даної проблеми необхідно забезпечити логістику транспортування зерна без заїзду вантажних машин на поле, обов'язково враховувати тиск повітря в шинах комбайна щодо структури ґрунту та його вологості, вирощувати аграрні культури, які мають стрижневу кореневу систему.

Другою встановленою проблемою під час дослідження була проблема зі стернею від озимої пшениці, яка утворює тонкі трубочки, а їх на 1 га від 3,5 до 5,5 млн шт., через які йде інтенсивне випаровування вологи з ґрунту. Інтенсивність випаровування вологи залежить від фактично наявної вологи в ґрунті, його структури, температур повітря та ґрунту, сили вітру, вологості повітря. Істотно впливає на інтенсивність випаровування вологи з ґрунту від основного обробітку та наявності рослинних рештків на поверхні ґрунту (рисунки 2.9-2.14).

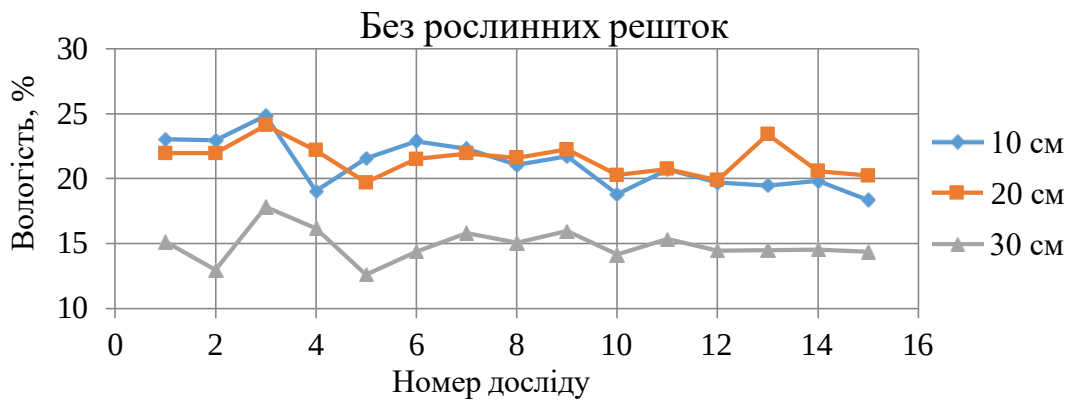


Рис. 2.9. Зміна вологи в різних шарах ґрунту залежно від часу доби та тривалості проведення збирання озимої пшениці на ділянці, яка піддавалась обробітці КЛД на глибину 14-16 см

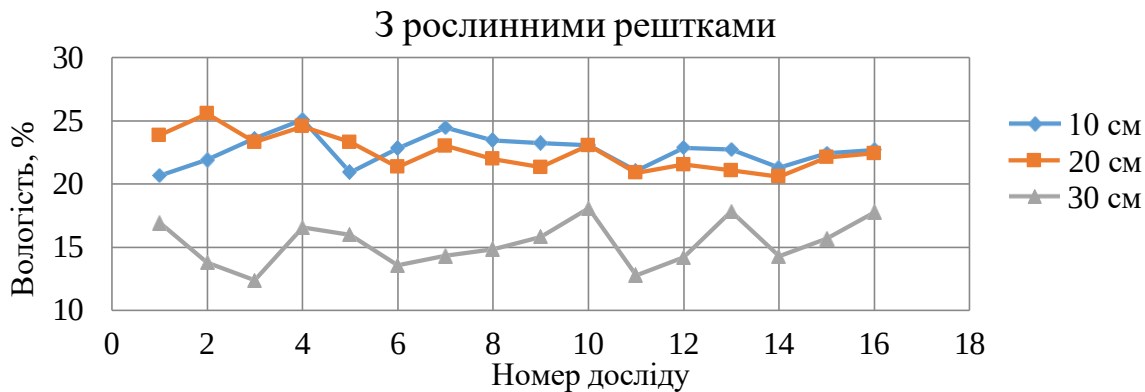


Рис. 2.10. Зміна вологи в різних шарах ґрунту залежно від часу доби та тривалості проведення збирання озимої пшениці на ділянці, яка піддавалось обробітці КЛД на глибину 14-16 см

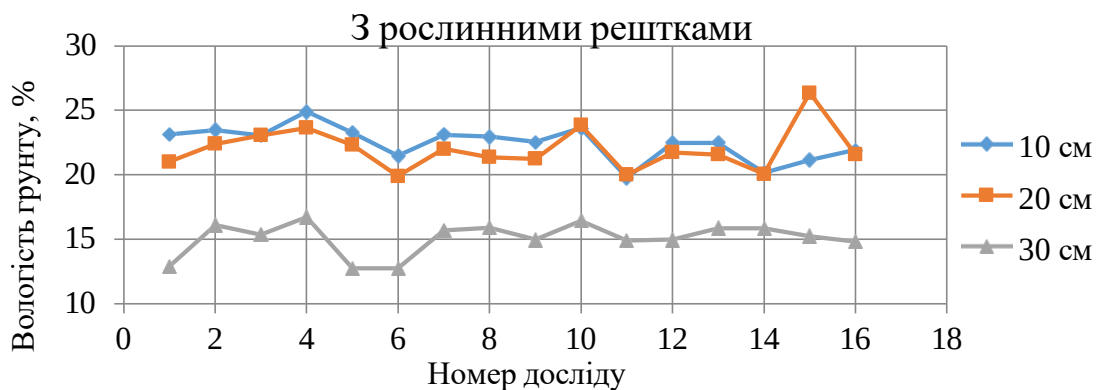


Рис. 2.11. Зміна вологи в різних шарах ґрунту залежно від часу доби та тривалості проведення збирання озимої пшениці на ділянці, яка піддавалось обробітці АГ на глибину 6-8 см

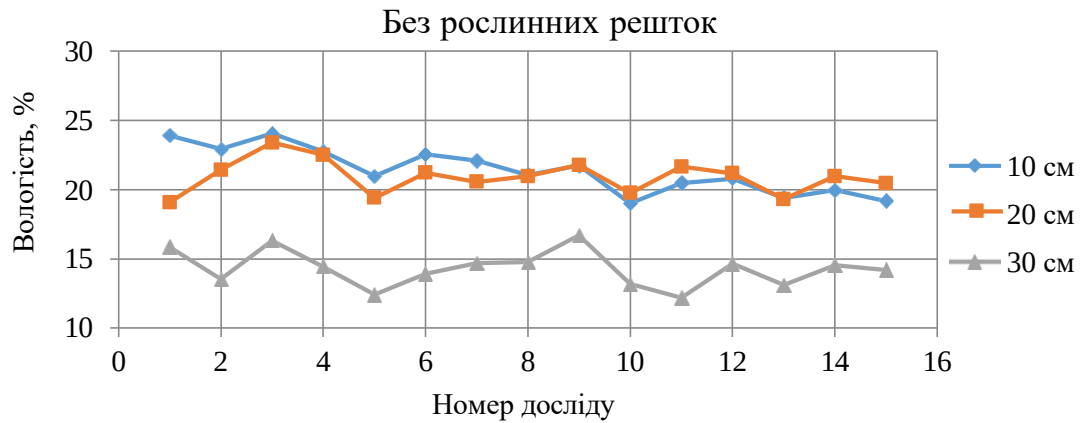


Рис. 2.12. Зміна вологи в різних шарах ґрунту залежно від часу доби та тривалості проведення збирання озимої пшениці на ділянці, яка піддавалось обробітку АГ на глибину 6-8 см

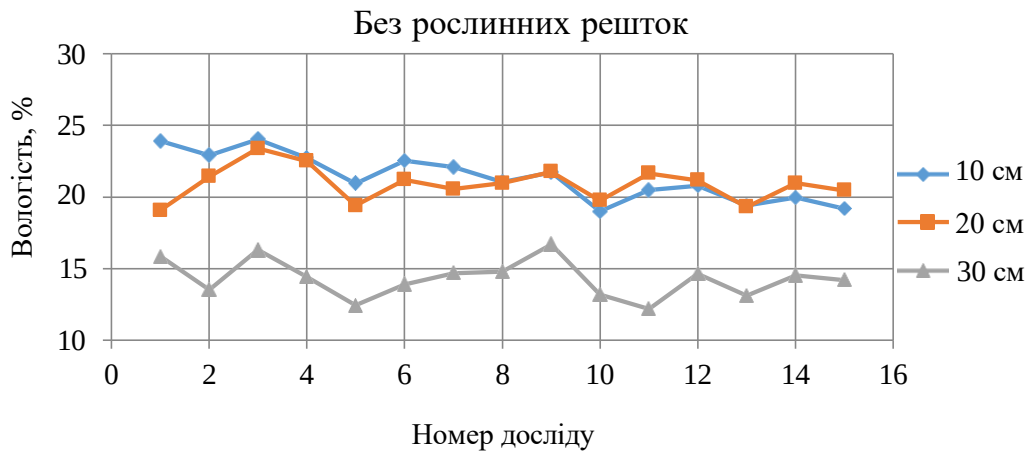


Рис. 2.13. Зміна вологи в різних шарах ґрунту залежно від часу доби та тривалості проведення збирання озимої пшениці на ділянці, яка була під No- Till

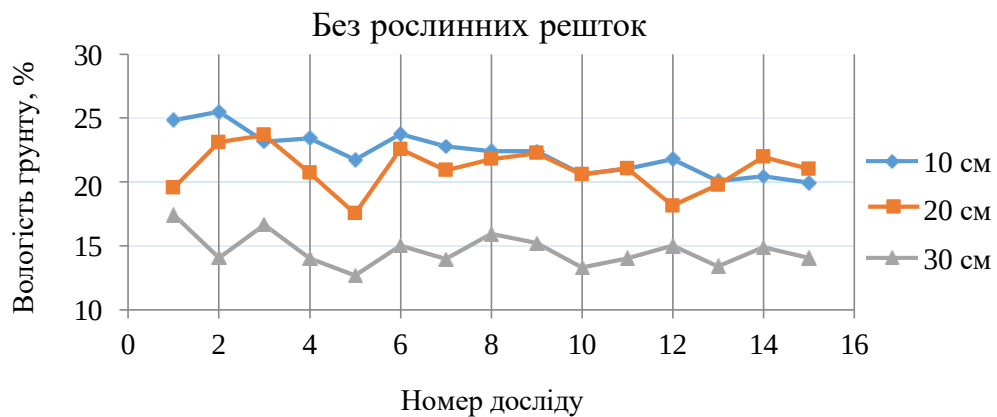


Рис. 2.14. Зміна вологи в різних шарах ґрунту залежно від часу доби та тривалості проведення збирання озимої пшениці на ділянці, яка була під No- Till

Досліджені та проаналізовані умови, які були залишені після озимої пшениці, довели, що залишати такі умови під посів наступної культури є неприйнятним. Для зменшення інтенсивності випаровування вологи з ґрунту, подрібнення та більш рівномірного розподілення рослинних рештків по поверхні поля, провокування проростання насіння бур'янів, які вже на той час визріли та були готові до розмноження, було прийнято рішення провести обробіток поверхні поля на 10 см дисковим агрегатом із вирізними (ромашковими) дисками слідом за проходом комбайна.

Дослідження заробки рослинних рештків після збирання кукурудзи на зерно показує, що за один прохід дискових знарядь заробити рослинні рештки не вдається. Кількість зароблених решток на рівні 55-85 %. Нерівномірність розподілення решток значно перешкоджає рівномірності руху агрегату по глибині, у місцях напичення соломи зміна глибини коливається в межах

$\pm 30 \%$ від заданого показника, що також негативно впливає на рівномірність поверхні поля. Насіння падалиці та бур'янів заробляється на рівні 75-100 % (залежно від рівномірності розподілення рештків – чим більший валок за комбайном, тим кількість зароблених решток нижча). Додатково подрібнюється солома. Дослідження якості проведення дискування після озимої пшениці показує, що характерною особливістю є те, що солома дисками не ріжеться, а розривається. Цей процес супроводжується також і поздовжнім руйнуванням цілісності стебла, що призводить до його швидшого розкладання. Негативним є утворення під робочими органами ущільнюючого шару на глибині 10-14 см (рис. 2.15). Це знижує показник ефективності даного виду обробітку щодо ефективності реалізації біологічного потенціалу агрокультур.



Рис. 2.15. Ущільнюючий шар ґрунту після проходження агрегату в складі Білорус 1025+Дукат 2,5

Для зменшення інтенсивності випаровування вологи з ґрунту та створення умов для накопичення ґрунтом вологи, необхідно зразу після збирання проводити обробіток ґрунту для знищення стерні, поверхня поля повинна бути укрита рослинними рештками з рівномірним їхнім розташуванням на поверхні та забезпечена зміна тиску повітря в шинах агромашин залежно від умов роботи (виду ґрунту, вологості, пористості).

Для знищення рослинних рештків у посівному шарі ґрунту, його структуруванню (створення оптимального гранулометричного складу ґрунту, створення капілярності, оптимальної щільності ґрунту) прискорення перегнивання рослинних рештків, рекомендовано проводити оранку. Проведення оранки виправдано, коли є велика кількість рослинних рештків і не вистачає часу на їхнє перегнивання перед посівом наступної культури.

Через 18 днів після обробітку ґрунту дисковими знаряддями поле обробили плугом. Під час застосування оранки рослинні рештки зароблялися на 84-100 відсотків, залежно від якості подрібнення рослинності комбайном, та подрібненням і розподілом їх дисковим агрегатом. Водночас разом із рештками зароблялись і сходи бур'янів та падалиці (їхній розвиток дав

можливість після оранки зменшити популяцію бур'янів та наситити орний шар зеленими добривами). Після проходження плуга по полю ґрунт мав грудкуватий склад, кришення пласта було достатньо добрим (брил понад 100 см² було до 5 %). Ряди були рівними, кривизни не спостерігалось. Профіль поверхні ґрунту мав місце, глибина борозни була 5-7 см, а висота гребнів 3-5 см, що зумовило використання додаткового обробітку, спрямованого на вирівнювання профілю ґрунту. Відповідне явище є негативним для подальшого формування умов росту та розвитку агрокультури, його необхідно анулювати подальшим обробітком. Під час проведення оранки було встановлено, що відхилення від заданої глибини обробітку складає 1-4 см, що є надто великою різницею відносно регулювання, також негативом було створення підшви (рисунок 2.16). Проведеними дослідженнями поля було встановлено, що на полях, де проводився плужний обробіток, ущільнюючий шар траплявся на глибині 26-31 см. Ці умови були зафіксовані на час проведення оранки як основного обробітку ґрунту після попередника.



Рис. 2.16. Ущільнюючий шар ґрунту після проходження агрегату в складі CASE 270+Överum ПЛН 5-35

Отже, даний вид обробітку знищує родючий шар ґрунту. Даний шар

після попереднього полицевого обробітку почав формувати гумусний шар із рослинних рештків, а, вивертаючи його на гору, він мінералізується, не встигнувши сформуватись.

Проведеними дослідженнями поля після збирання кукурудзи на зерно (рис. 2.4) встановлено, що зазвичай не витримуються вимоги щодо інтенсивності подрібнення стебел, вони, у кращому випадку, подрібнені на 1- 3 частини, а інколи взагалі зрізані лежать на поверхні поля без розділення на частини. Поздовжнє пошкодження цілісності стебла знаходиться в межах 5- 43 %. Від 10 до 19 % стебел стоять взагалі на корню не зрізані. Якість обмолоту комбайнами є також на низькому рівні. Необхідно зазначити, що поле також засмічене втратами від збирання та перевантаження зерна на автомобіль. Після проходження комбайнів втрати зерна в початках сягають у середньому 8-10 %. Необхідно зауважити, що після збирання кукурудзи поверхня поля вкрита слідами від ходових систем комбайнів та автомобілів.

Дослідженнями встановлено, що рослинні рештки після кукурудзи мають низький ступінь подрібнення, висота стерні сягає 300 мм, що в подальшому впливає на якість виконання наступних технологічних операцій та знижує функціональні властивості майбутнього врожаю. Необхідно забезпечити високий ступінь подрібнення рештків стебла та качана при рівномірному розподіленні рештків та мінімальній висоті стерні без додаткового використання засобів механізації (щоби не ущільнювали ґрунту).

Отже, для отримання максимального врожаю необхідно створити умови для росту й розвитку агрокультури максимально наближеними до ідеальних (таких, як потребує рослина).

Будь-який робочий орган енергетичного засобу або аграрної машини утворює ущільнюючий шар, різниця лише в глибині розташування, товщині шару та його щільності. Так, наприклад, на рисунку 2.17 показана схема ущільнюючих шарів залежно від виду обробітку (робота агромашин із культиваторними лапами, сферичним диском та корпусом плуга).



Рис. 2.17. Розташування ущільнюючого шару залежно від робочого органу аграрної машини (робота аграрної машини з культиваторними лапами, сферичним диском та корпусом плуга) [9]

Дослідження якості виконання основного обробітку показала, що істотною перешкодою реалізації біологічного потенціалу є велика кількість рослинних рештків на поверхні поля, яка перешкоджає роботі сошників; мінералізація рештків на поверхні поля не повертає в ґрунт живлення, яке було витрачено на її формування та знеструктурує ґрунт, не утворюючи у ньому гумус; нерівномірне їхнє розподілення спричиняє різну інтенсивність розкладання рештків, відбувається різне накопичення елементів живлення та по різному структурується ґрунт, що створює нерівні умови розвитку агрокультур у межах одного поля; упродовж 2-3 тижнів на поверхні поля сходять падалиця культури та насіння бур'янів.

Основним завданням досліджень, що проводились, було дослідження змін, які відбуваються в ґрунті на першому етапі – підготовці ґрунту під озиму пшеницю та кукурудзу на зерно.

Нами досліджувалися заходи, які були спрямовані покращити умови для проведення посіву, а саме забезпечити оптимальний повітряно-водний режим ґрунту з усуненням перешкод контакту насінини з ґрунтом (створення умов

для усунення рослинних рештків із посівного шару), створення оптимальних умов у нижніх шарах, підготовка насінневого ложа та наднасінневого шару.

Нами були досліджені заходи, які були спрямовані на поліпшення умов під час обробітку ґрунту в період між збиранням попередника та проведенням передпосівних заходів та посіву культури (основного обробітку): досліджений основний обробіток ґрунту – полицевий обробіток та безполицевий обробіток: мілкий та глибокий.

Дослідження показують, що ефективним у підриванні плужної підшви є глибокий безполицевий обробіток. Це забезпечує водопроникність та водовіддачу розушільнююється ґрунт. Водночас плужна підшва переходить у нижні шари ґрунту, рослинні рештки залишаються на поверхні, агрегатний стан ґрунту не змінюється.

Після проведення агрозаходів зразу за попередником ґрунт залишається в спокої.

Формування шарів ґрунту в горизонтальній площині з різною щільністю унеможливають нормальний і рівномірний розвиток кореневої системи рослини (рис. 2.17), отже, знижується інтенсивність розвитку надґрунтової частини, перешкоджає проходженню вологи в більш глибокі місця та її накопиченню.

Аналіз глибини утворення плужної підшви досліджувався з використанням приладів WileSoil та твердоміра Рев'якина .

Вирощування монокультур, яке сьогодні переважає на полях (кукурудза, соняшник, соя), істотно впливає на структуру ґрунту, оскільки за дотримання та чергування сівозмін є не лише рівномірне споживання макро- та мікроелементів рослинами за періодами, але й чергування стрижневої й мичкуватої кореневої системи впливає на формування структури пор ґрунту. Водночас негативний вплив на структуру ґрунту несе застосування моногамного обробітку, що призводить до формування ущільнень від роботи робочих органів аграрних машин та ходових систем енергетичних засобів.

Висновки до розділу 2

1. Дослідженнями встановлено, що рослинні рештки після обмолоту агрокультур подрібнюються комбайном, водночас їхнє розподілення на поверхні поля нерівномірне й описуються рівнянням: $y = -4,89x^2 + 40,05x - 26,82$.

2. Дослідженнями встановлено, що під час збирання кукурудзи на зерно щільність ґрунту в рядку, міжрядді та під дією ходових систем різна, що істотно впливає на якість виконання обробітку в межах 18 см.

3 Дослідженнями встановлено, що на кількість вологи в посівному шарі істотно впливає тип основного обробітку ґрунту, наявність рослинних рештків на його поверхні та період між збиранням та обробітком ґрунту.

4. Досліджено середовище, у якому проводиться посів, зроблений аналіз зміни якості залежно від режимів роботи.

5. Встановлений стан середовища, у якому робочі органи максимально забезпечують якість.

РОЗДІЛ 3

ОХОРОНА ПРАЦІ

З метою недопущення нещасних випадків під час проведення зернозбиральних робіт управління праці та соціального захисту населення звертається до керівників всіх сфер господарств взяти під особистий контроль питання стану безпеки праці під час проведення жнивної кампанії.

Необхідно знати, що всі види робіт ремонтних, налагоджувальних та технічного обслуговування сільськогосподарської техніки проводять тільки після повної зупинки всіх агрегатів.

3.1 Моделювання виробничих небезпек

Розпочинається збирання ранніх зернових культур сільськогосподарськими підприємствами. Виконання сільськогосподарських робіт проводиться і новітньою технікою, і тією, що була в експлуатації у країнах Європи, так і технікою, яка була на експлуатації у колгоспах і яка застаріла як морально, так і фізично. Питання безпеки праці часто залишаються поза увагою роботодавців.

І з початком збирання врожаю в агропромисловому комплексі значно зростають обсяги та інтенсивність виконання відповідних технологічних операцій, пов'язаних із жнивими. Зокрема, зростає кількість осіб, що беруть участь у виробництві, у тому числі за рахунок тимчасово залучених працівників, збільшується кількість задіяної техніки, тривалість сільськогосподарських робіт протягом доби. Травмонебезпечність цього періоду зумовлена максимальним напруженням, перенасиченістю праці, що призводить до помилкових дій, нехтування безпекою та відсутності належного контролю за безпечним виконанням робіт з боку інженерно-технічного персоналу.

Основні причини травмування — порушення трудової та виробничої дисципліни, недоліки у навчанні та інструктажі працюючих, невиконання вимог інструкцій з охорони праці, порушення правил дорожнього руху.

3.2 Безпеці праці під час весняно-польових робіт

Весна - напружений час для підприємств агропромислового комплексу. Саме на період сезонних робіт, в тому числі і весняно-польових, припадає до 60 % нещасних випадків.

Напередодні розпалу весняно-польових робіт необхідно посилити профілактичну роботу із запобігання виробничому травматизму – це наполегливо рекомендує роботодавцям, керівникам сільськогосподарських підприємств, головам фермерських господарств, інженерам з охорони праці начальник відділу з профілактики страхових випадків.

«Із початком весняно-польових робіт значно зростають обсяги та інтенсивність виробничого процесу, пов'язаного з перевіркою готовності сільськогосподарської техніки, підготовкою насіння ярих зернових та зернобобових культур – додає начальник відділу. У цей час поживляються й інші роботи в агропромисловому виробництві».

Згідно з Законом України «Про охорону праці», роботодавець зобов'язаний створити на робочих місцях у кожному структурному підрозділі умови праці відповідно до вимог нормативно-правових актів, а також забезпечити додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці.

Оскільки якість виконання роботи і безпека праці залежить від навиків та вмінь самих працівників, то роботодавець має забезпечити для них проходження навчань, інструктажів та перевірки знань з питань охорони праці.

Посадові особи й інші працівники, зайняті на роботах, внесених до переліку робіт з підвищеною небезпекою, повинні пройти спеціальне навчання та перевірку знань відповідних нормативно-правових актів з охорони праці.

Не допускаються до роботи працівники, у тому числі посадові особи, які не пройшли навчання, інструктаж і перевірку знань з охорони праці.

Під час безпосереднього проведення весняно-польових робіт на підприємствах сфери агропромислового комплексу має належним чином експлуатуватися техніка, а саме:

- експлуатація сільськогосподарських машин має здійснюватися з урахуванням вимог експлуатаційної документації;
- вузли та елементи сільськогосподарських машин, що рухаються, обертаються і можуть становити небезпеку, мають бути огорожені захисними кожухами, які забезпечують безпеку працівників;
- не дозволяється експлуатація несправних машини та обладнання;
- не дозволяється експлуатація сільськогосподарських тракторів без електростартерного запуску двигуна та з відсутньою або несправною системою блокування запуску двигуна за ввімкнутої передачі;
- перед виконанням робіт необхідно переконатися, що дроти повітряних ліній електропередач не буде зачіпати техніка;
- під час проїзду сільськогосподарської техніки потрібно дотримуватися безпечної дистанції.

Висновки до розділу 3

Розробивши розділ з охорони праці можна провести такий аналіз що необхідно забезпечити і організувати на підприємствах проведення попереднього та періодичного медичних оглядів працівників, зайнятих на важких роботах, роботах зі шкідливими чи небезпечними умовами праці.

Коли відбувається початок робіт, пов'язаних сезонними роботами слід звертати увагу на несприятливі метеорологічні умови, працівникам видаються за встановленими нормами спеціальний одяг, спеціальне взуття та інші засоби індивідуального захисту, а також мийні та знешкоджувальні засоби.

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ТА ПРОПОЗИЦІЇ НАУКОВО- НАВЧАЛЬНИМ ТА КОНСТРУКТОРСЬКИМ ОРГАНІЗАЦІЯМ

4.3 Економічна ефективність проведених досліджень

Показники економічної ефективності використання засобів механізації для якісного забезпечення агротехнологій визначаються від конкретного агрегату до загального комплексу машин для вирощування агрокультур.

Забезпечення якості виконання механізованих технологічних операцій створює умови для максимальної реалізації її біологічного потенціалу.

Основним показником економічної ефективності забезпечення якості механізованих технологій є отримання додаткового прибутку, який належить до агротехніки.

Розрахунок економічної ефективності проведених досліджень виконувалася за одним із критеріїв оптимізації (собівартість, затрати праці, якісні показники та інші), використовуючи програмний продукт

«Механізовані агротехнології. Якість та ефективність».

Водночас були використані можливі ресурси агропідприємств для здійснення виробничого плану.

Для реалізації підготовки бази для економічної оцінки матеріали розглядалися поопераційно (у розрізі механізованих технологічних операцій). Як приклад, нижче наведена поопераційна підготовка матеріалів для проведення розрахунку на кожному з етапів росту й розвитку рослин.

Оранка. Дослідженнями під час проведення оранки встановлено, що глибина розташування плужної подошви в ґрунті коливається в межах 10-18 %. Відповідно і глибина обробітку під час проведення основного обробітку глибокорозпушувачем буде коливатись у середньому в межах 12-15 %.

Характерною залежністю між глибиною обробітку та коливаннями глибини розташування плужної підшви є те, що чим менша глибина обробітку, тим відсоток відхилення від визначеної глибини більший. Завдяки диференційованому обробітку ґрунту, виключно до потреб агрокультури, у разі глибокого розпушування ґрунту, відбувається економія палива, тим самим зменшуються витрати на закупівлю паливно-мастильних матеріалів. Результати розрахунку ефективності впровадження диференційованого обробітку ґрунту відображені в таблиці 7.1.

Сівба. Дослідження сівби показало, що врожайність зростає за рівномірного розподілення рослинних решток. Дослідженнями встановлено, що нерівномірність розподілення рослинних решток істотно впливає на проростання та подальший розвиток озимих культур. Отже, для озимої пшениці це +3 % в урожаї. За умови збільшення врожайності отримуємо зменшення поточних витрат на одиницю продукції.

Обприскування. Аналіз показує, що внесення засобів захисту рослин (ЗЗР) є однією з найвитратніших операцій. У середньому, витрати на внесення ЗЗР складають від 20 до 40 %. Дослідженнями доведено, що використання штанги обприскувача з кроком форсунок 250 мм (використовують обприскувачі з кроком 500 мм) забезпечує пониження штанги над рослинами на рівні 250 мм, що значно зменшує знос робочого розчину. Проведеними дослідженнями встановлено, що такий спосіб витрати робочого розчину знижуються на 20 %, завдяки чому зменшуються витрати на придбання ЗЗР. Результати розрахунку ефективності використання оприскувачів зі штангою, на якій форсунки розташовані через 250 мм, відображені в таблиці 7.1.

Збирання. Аналізом встановлено, що економія при збиранні може бути реалізована кількома способами. По-перше, робота під час збирання з перекриттям у 45 см на загальній ширині жатки 7,60 м веде до зниження продуктивності на 6 %. Отже, за умови автоматичного керування жатки по краю загонки, продуктивність зростає на 6 %. По-друге, система контролю стану посівів, рельєфу місцевості та прогнозованої врожайності може

змінювати робочу швидкість та зазори молотильного обладнання. У такий спосіб отримуємо збільшення продуктивності на 1,1 % та зерно вищої якості. Отже, впровадження систем контролю ширини захвату комбайна забезпечує збільшення ширини захвату. Впровадження моніторингу аграрних площ дає змогу змінювати швидкості роботи зернозбирального комбайна. Впровадження вище перерахованих елементів забезпечує підвищення продуктивності зернозбирального комбайна. Результати розрахунку ефективності використання систем під час збирання відображені в таблиці 4.1.

Показники порівняльної економічної ефективності поопераційних результатів представлені в таблиці 4.1.

Розрахунки економічної ефективності впровадження нових систем і механізмів для технології вирощування та збирання аграрних культур показує зниження експлуатаційних витрат завдяки більш ефективному використанню ресурсів. У зв'язку з цим створюються умови скорочення витрат на експлуатацію: зниження витрат палива, зниження норми внесення засобів захисту рослин, збільшення продуктивності, підвищення врожайності.

Таблиця 4.1 Резерви економічної ефективності сучасних технологій

Показники	Технологічна операція			
	Глибоке рихлення	Посів	Догляд за посівами	Збирання
Зменшення витрат палива, кг/га	2,7	—	—	
Зменшення норми внесення ЗЗР, л/га	—	—	20 %	
Збільшення продуктивності, га/год	—	—	—	0,3
Підвищення врожайності, т/га	—	1,05	—	0,2
Всього, грн./га	81	6160	268,8	1000
Загальна сума, грн./га	7509,8			

Отже, впровадження диференційованого обробітку ґрунту глибокорозпушувачем залежно від глибини залягання плужної підшви; диференційованої норми висіву залежно від температури, вологості та складу

грунту; переобладнання обприскувача, а саме зміни віддалі форсунок та впровадження інтелектуальне систем на збиральних комбайнах дасть можливість знизити собівартість вирощування кукурудзи на зерно на 7509,80 грн/га.

Для оцінки впливу різного складу машинних агрегатів на якість виконання технологічного процесу та собівартості його роботи було встановлено відповідні коефіцієнти якості. Водночас результати виконання дискування та посіву подані в таблиці 4.2 .

Таблиця 4.2 Залежність коефіцієнта якості та собівартість виконання операції від машинного агрегату за дискування

Машинний агрегат	Коефіцієнт якості	Прямі експлуатаційні затрати, грн/га
John Deere 6110 B + Дукат 2,5	0,82	629,20
John Deere 8335R + Дукат 8	0,81	666,49
CASE 500 + Дукат 16	0,80	643,34

Аналіз результатів досліджень показує, що в разі збільшення ширини захвату від 2,5 м до 16 м коефіцієнт якості зменшується на з 0,82 до 0,8. Водночас собівартість виконання дискування найвища в машинного агрегата із шириною захвату 8 м.

Таблиця 7.3 Залежність коефіцієнта якості та собівартість виконання операції від машинного агрегата за сівби

Машинний агрегат	Коефіцієнт якості	Прямі експлуатаційні затрати, грн/га
John Deere 6095 B + VEGA 6	0,87	451,17
CASE 225 + VEGA 8	0,86	499,23
John Deere 7830 + VEGA 16	0,86	414,38
John Deere 7830 + HORSCH Maestro 12.70 - 75 SW	0,86	681,40
John Deere 8260R + HORSCH Maestro 16	0,87	598,44
John Deere 8310R + HORSCH Maestro 24.70 - 75 SW	0,86	537,92

Аналізуючи отримані результати досліджень, було встановлено, що для машинних агрегатів, до складу яких входять вітчизняні агромашини, тенденція зберігається як і агрегатів для дискування. Натомість показник якості посіву сівалками іноземного виробництва із шириною захвату від 8,4 до 16,8 м найвищий у сівалки із шириною захвату 11,2 м, водночас і собівартість сівби цим агрегатом має середній показник, який дорівнює 598,44 грн./га.

Отримані дані дають змогу визначитись із машинним агрегатом у відповідності до критерію, який було взято за основу.

Економічна ефективність роботи комплексу машин оцінювалась шляхом порівняння кривої біологічної врожайності та накопичення енергії при використанні реального комплексу машин.

Аналіз ефективності використання комплексу машин для вирощування кукурудзи на зерно проводиться, використовуючи графіки реалізації біологічного потенціалу за накопичення біомаси за умови виконання всіх агрозавдань і за накопичення біомаси за умови використання технологічних можливостей агромашинта на основі використання рівнянь сплайнових функцій, загальний вигляд яких наведений у рівнянні. Втрати на кожній операції становлять певну величину. У результаті маємо загальні втрати врожаю залежно від того, які агрегати застосовували.

Кількість врожаю кукурудзи на зерно представляє собою накопичення біомаси за умови забезпечення агротехнічних вимог – $y_1(t)$, $y_2(t)$, а накопичення біомаси за технологічними можливостями агротехніки – $y_3(t)$, $y_4(t)$, і розраховується інтегральною формулою:

$$P = \int_{t_1}^{t_2} (y_1(t) - y_3(t))dt + \int_{t_2}^{t_3} (y_2(t) - y_4(t))dt. \quad (4.1)$$

Використовуючи формулу (7.1), визначаємо чисельне значення втрат:

$$\begin{aligned}
P = & \int_{125}^{240} (0,0020455 \cdot 52t^2 - 0,557336536t + 37,89412816) dt + \\
& + \int_{240}^{300} (0,007677t^2 - 4,21091t + 590,4182) dt = \\
& (0,0020455 \cdot 52 \frac{t^3}{3} - 0,557336536 \frac{t^2}{2} + 37,89412816t) \Big|_{125}^{240} + \\
& + (0,007677 \frac{t^3}{3} - 4,21091 \frac{t^2}{2} + 590,4182t) \Big|_{240}^{300} = 16,15
\end{aligned}$$

, т/га.

Розроблений метод оцінки впливу комплексу машин на технологічний процес виробництва кукурудзи на зерно дав змогу визначити долю втрат залежно від недовикористання можливостей агротехніки. Це дало можливість визначити недоотримання врожаю в разі застосування конкретного комплексу машин, за якого маємо зниження 18-20 %, або фінансового прибутку у зв'язку з недовиконанням агротехнічних вимог.

У таблиці 4.3 приведений результат розрахунку технологічного процесу вирощування кукурудзи на зерно в реальних умовах. Вхідні дані формуються відповідно до баз даних (рис. 2.2 – 2.4; 2.10 – 2.12), алгоритму розробки схеми вирощування аграрної культури (рис. 2.6 – 2.9) і реалізована в «Механізовані агротехнологія. Якість та ефективність».

Таблиця 2.3 Результат розрахунку технологічного процесу вирощування кукурудзи на зерно

Операція	Коефіцієнт впливу операції на U	Машинний агрегат	Коефіцієнт якості роботи МА	Зниження U, т/га	ПЕЗ МА, грн/т	Вартість роботи МА, грн/т
1	2	3	4	5	6	7
Лущення стерні	0,0200	John Deere 6110 B + Дукат-2,5	0,80	0,36	614,53	8,27
Навантаження міндобрив	0,0015	Belarus 892 + ПС-0,5/0,8Д	0,88	0,02	4,92	0,07
Транспортування міндобрив	0,0015	ГАЗ3302-41	0,89	0,01	51,2	0,69

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7
Внесення міндобрив	0,0750	John Deere 6110 B + МВД-0,5	0,75	1,69	52,40	0,71
Оранка	0,0650	John Deere 6095B + EurOpal 5	0,81	1,11	2473,72	33,29
Передпосівна обробіток	0,0500	John Deere 6110 B + POLARIS 4	0,75	1,13	296,06	3,98
Навантаження насіння та міндобрив	0,0015	Belarus 892 + ПС-0,5/0,8Д	0,88	0,02	4,92	0,07
Транспортування насіння та міндобрив	0,0015	ГА33302-41	0,89	0,01	51,2	0,69
Сівба	0,2141	John Deere 6095 B + VEGA 6	0,85	2,89	366,18	4,93
Транспортування та приготування розчину засобів захисту рослин	0,0002	Belarus 892 + Бочка	0,89	0,01	56,54	0,76
Внесення засобів захисту рослин	0,1130	John Deere 6135 B + Horsch LEEB 4 LT	0,87	1,32	83,56	1,12
Навантаження міндобрив	0,0015	Belarus 892 + ПС-0,5/0,8Д	0,88	0,02	4,92	0,07
Транспортування міндобрив	0,0015	ГА33302-41	0,89	0,01	51,2	0,69
Міжрядний обробіток+підживлення	0,1350	John Deere 6110 B+ALTAIR 5,6-04	0,77	2,79	193,93	2,61
Транспортування та приготування розчину інсектицидів	0,0010	Belarus 892 + Бочка	0,89	0,01	56,54	0,76
Внесення інсектицидів	0,1600	John Deere 6135 B + Horsch LEEB 4 LT	0,87	1,87	83,56	1,12
Збирання	0,1550	CLAAS Tucano 430	0,83	2,37	2040,02	27,45
Транспортування зерна	0,0029	IVECO 440	0,79	0,05	6,91	0,09
Всього	1,000			15,69	6492,31	87,28
Реальна урожайність, т/га				74,31		
Вартість механізованих робіт, грн./т					87,37	

Встановлений загальний коефіцієнт якості для цього комплексу, який дорівнює 0,84. Встановлено, що кожна технологічна операція має вплив на формування загальної врожайності. Зниження врожайності залежить від коефіцієнта впливу операції на урожайність та коефіцієнта якості роботи машинного агрегату. Так, на етапі обробітку ґрунту після попередника, зниження врожайності на підставі технологічних можливостей машин складає 3,19 ц/га; на етапі передпосівного обробітку ґрунту та посіву – 4,05 ц/га; на

етапі догляду за посівами – 6,03 ц/га та на етапі збирання – 2,42 ц/га. Для підвищення врожаю за рахунок техніки необхідно забезпечити повне виконання агротехнічних вимог.

Для забезпечення сталого послідовного накопичення енергії рослиною показник якості на всіх технологічних операціях повинен бути доведений до оптимального.

Висновки до розділу 4

1. Розробка та впровадження у виробництво сучасних систем моніторингу й автоматичного коригування роботи агромашин дає змогу забезпечити додатковий прибуток у розмірі 7508,8 грн./га.

2. Аналізом встановлено, що використання сучасного комплексу машин забезпечує реалізацію біологічного потенціалу на 82,1 %.

3. У результаті розрахунку встановлено на скільки в кількісному відношенні зміниться якість та собівартість у разі зміни агрегату й дає можливість зробити вибір агрегату відповідно до потреб господарства.

ВИСНОВКИ

1. Досліджено потреби рослин на етапах їхнього росту й розвитку, описано систему функціонування технологічних процесів вирощування агрокультур з урахуванням накопичення біомаси залежно від ступеня забезпечення якості механізованих технологічних процесів, що дало можливість визначити агровимоги до кожної технологічної операції у відповідності з технологією вирощування агрокультури.

2. Визначення агротехнічних вимог до кожної механізованої операції відповідно до агровимог, з урахуванням додаткових показників, які виникають у результаті застосування засобів механізації з можливими допусками та впливом на ступінь забезпечення потреб рослин. Показники агротехнічних вимог мають бути структуровані за ренкінгом щодо впливу на накопичення врожайності. Експериментально встановлено, що сучасні сівалки, наприклад, Vega 8 Profi, можуть забезпечувати сівбу за вологи 35-39 %, на відміну від застарілих моделей, що збільшує приріст врожаю на 2,7 %. Отже, це дає підстави для коригування агротехнічних вимог – встановлення показника мінімальної вологості ґрунту за сівби на рівні 35 %.

3. Для забезпечення агровимог, створення максимально однакових умов для агрокультури в межах одного поля та мінімізації строків виконання технологічної операції, розроблені складові часу доби щодо використання або простою машинних агрегатів. Це дає змогу підвищити показник забезпечення потреби рослин внаслідок удосконалення організації технологічного процесу.

4. Розраховано машинні агрегати різних сучасних структурно-логічних схем з урахуванням забезпечення якості виконання технологічних операцій та оцінки впливу конкретного машинного агрегату на формування загальної врожайності агрокультури. Результати розрахунку, отримані за допомогою програми, відповідають результатам хронометражних спостережень у виробничих умовах (різниця складає менше 5 %).

5. Оцінювання раціонального вибору комплексу машин для забезпечення виконання механізованого технологічного процесу проводиться на підставі аналізу прямих витрат під час роботи машинних агрегатів на кожній операції та розрахункової урожайності з урахуванням коефіцієнта якості виконання механізованих операцій. Так, за результатами математичного моделювання технологічного процесу вирощування кукурудзи на зерно, зміна складу машинного агрегату з John Deere 6110 В та дисковою бороною Дукат-2,5 на John Deere 8335R з дисковою бороною Дукат-8 призвела до підвищення врожайності культури від 15,31 до 15,36 ц/га, (за планової врожайності 90 ц/га) та вартість роботи комплексу машин змінюється в діапазоні від 91,43 до 92,38 грн/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Blake G. R. and Hartge K. H. (1986). Bulk density. In *Methods of Soil Analysis: Part 1. Physical and Mineralogical Methods*, A. Klute, ed. Madison, Wisc.: ASA and SSSA. P. 363-375.
2. Chamen W. C. T., Moxey A. P., Towers W., Balana B., Hallett P. D. (2015). Mitigating arable soil coimpaction: A review and analysis of available cost and benefit data. *Soil & Tillage Research*, 146 (Part A.), 10-25.
3. Color-Infrared (CIR) Imagery. Available at: <https://www.mngeo.state.mn.us/chouse/airphoto/cir.html> (reference date 05.11.2020).
4. Сысуев В. А., Мухамадьяров Ф. Ф., Гжибек А. (1999). Повышение ресурсоэнергоэкономичности получения сельскохозяйственной продукции путем рационального использования природных и техногенных факторов. *Wykorzystanie energii odnawialnej w Polnjectiwie. Miedzynarodowa konferencja. Warszawa.C.* 184-187.
5. Damanauskas V., Velykis A., Satkus A. (2019). Efficiency of disc harrow adjustment for stubble tillage quality and fuel consumption. *Soil and Tillage Research* Vol. 194, 104311.
6. Dierauer H. (1990). Agronomisch und ökologisch vertretbare Unkrautregulierung in Getreide und Mais. *FiBl*. P. 88.
7. Eremenko O., Kalenska S., Pokoptseva L., Todorova L. (2019) The influence of AKM Growth Regulator on Photosynthetic Activity of Oilseed Flax Plants in the Conditions of Insufficient Humidification of the Southern Stepp of Ukraine / in *Modern Development Paths of agricultural production*. Editor V. Nadykto. Springer. 703-807.
8. Gholamhoseini M., Ghalavand A., Dolatabadian A., Jamshidi E., Khodaei-Joghan A. (2013). Effects of arbuscular mycorrhizal inoculation on growth, yield, nutrient uptake and irrigation water productivity of sunflowers grown under drought stress. *Agricultural Water Management*, № 117. P. 106-114.

9. Great Plains. Available at: <https://www.greatplainsmfg.ru/> (reference date 05.11.2020).
10. Guidelines on nitrogen management in agricultural systems. (2008). IAEA, Vienna. 237 p.
11. Gürsoy S., Kolay B., Avşar Ö., Sessiz A. (2015). Evaluation of wheat stubble management practices in terms of the fuel consumption and field capacity. *Res. Agr. Eng.*, 61. P. 116-121.
12. Horsch Leeb Le pilotage de la rampe. Available at: <https://www.terre-net.fr/partenaire/pulverisation-de-precision/article/le-pilotage-de-la-rampe-2959-167797.html> (reference date 20.04.2020).
13. Janulevičius A., Damanauskas V. (2015). How to select air pressures in the tires of MFWD (mechanical front-wheel drive) tractor to minimize fuel consumption for the case of reasonable wheel slip. *Energy*. 90, P. 691-700.
14. Janulevičius A., Šarauskis E., Čiplienė A., Juostas A. (2019). Estimation of farm tractor performance as a function of time efficiency during ploughing in fields of different sizes. *Biosyst. Eng.* 179, P. 80-93.
15. Kavka M., Mimra M., Kumhála F. (2016). Sensitivity analysis of key operating parameters of combine harvesters. *Res. Agr. Eng.*, 62: 113-121.
16. Kline D. E., Bender D. A., McCarl B. A. (1990). Postoptimal linear programming analysis of farm machinery. *ASAE. St. Joseph, Mich.* P. 15-20.
17. Kozyrskiy V., Zablodskiy M., Savchenko V., Sinyavsky O., Yuldashev R., Kalenska S., Podlaski S. (2019). The Magnetic Treatment of Water Solutions and Seeds of Agricultural Crops. *Advanced Agro-Engineering Technologies for Rural Business Development*. 37p.
18. Kumhála F., Kroulík M., Vašák J., Kvíz Z. (2002): The influence of CASE IH combine harvesters' straw and husk distribution design changes on distribution quality. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 33. P. 36-40.
19. Kumhála F., Kvíz Z., Mašek J., Procházka P. (2005). The measurement of plant residues distribution quality after harvest by conventional and axial combine harvesters. *PLANT SOIL ENVIRON*. Vol. 51, 2005 (6). P. 249-254.

20. Kuzina T., Sirenko V., Zubko V., Chuba V. (2018). Increasing yields of winter wheat by means of sowing orientation of grain. 17th International Scientific Conference Engineering for rural development. Proceedings. May 23-25. Jelgava, Latvia. Volume 17. p. 688-696.
21. Kviz Z., Kumhala F. and Masek J. (2015) Plant remains distribution quality of different combine harvesters in connection with conservation tillage technologies. *Agronomy Research* 13(1). P. 115-123.
22. KWS. Available at: <https://www.kws.ua/aw/KWS/ukraine/Articles-Ukraine/~gpmc/preplanting-corn-haryesting/> (reference date 05.12.2020).
23. Lam M., Hossain M. M., Awal M. M. (2001). Selektion of farm power by using a computer programe. *Arg. Machan. in Asia, Africa, Latin America*. Vol.32, N1. P. 65-68.
24. Lamande M., Greve M. H., Schjonning P. (2018). Riskassess mentofsoil compaction in Europe - Rubber tracks or wheels on machinery. *CATENA*, 167. P. 353-362.
25. Loomis R. S., Connor D. J. (1996). *Crop ecology: productivity and management in agricultural systems*. 2nd Edition. Cambridge University Press. P. 561.
26. Lovarelli D., Bacenetti J., Fiala M. (2017). Effect of local conditions and machinery characteristics on the environmental impacts of primary soil tillage. *J. of Clean. Production*. 140, P. 479-491.
27. Lütke Entrup, N. (2003). Maisanbau – kein besonderes Risiko für die Umwelt. In: BASF (Hrsg.) *Mais – Kultur mit Zukunft*. Limburgerhof. P. 20-37.
28. Medvedev V. V., Laktionova T. N. (2012). Analysis of the experience of European countries in soil monitoring. *Eurasian Soil Sc.* 45, 90-97.
29. Medvedev V. V., Plisko I. V., Bigun, O. N. (2014). Comparative characterization of the optimum and actual parameters of Ukrainian chernozems. *Eurasian Soil Sc.* 47. P. 1044-1057.