

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

01.11 - МР.1944 "С" 2022.12.30. 014 ПЗ

ГОЛОВАТИЙ БОГДАН РУСЛАНОВИЧ

2023 р.

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко – технологічний факультет

УДК 629.3.083:631.333

ПОГОДЖЕНО

Декан механіко-технологічного факультету

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

технічного сервісу та інженерного
(назва кафедри)
менеджменту ім. М.П.Мисютенка

Вячеслав БРАТШКО

(підпис)

(ПІБ)

Іван РОГОВСЬКИЙ

(підпис)

(ПІБ)

«___» _____ 2023 р.

«___» _____ 2023р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему Удосконалення параметрів транспортно-технологічного адаптера для
внесення мінеральних добрив на базі автомобіля

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»
(код і назва)

Освітня програма «Автомобільний транспорт»
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

Доктор технічних наук, професор
(науковий ступінь та вчене звання)

Войтюк Валерій Дмитрович
(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

к.т.н., доцент
(науковий ступінь та вчене звання)

Іщенко Валерій Васильович
(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Головатий Богдан Русланович
(ПІБ)

КИЇВ – 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко – технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

д.т.н., проф. Іван РОГОВСЬКИЙ
(науковий ступінь, висте звання) (підпис) (ПІБ)

2023 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Головату Богдану Руслановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»

(код і назва)

Освітня програма «Автомобільний транспорт»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи Удосконалення параметрів транспортно-технологічного адаптера для внесення мінеральних добрив на базі автомобіля

затверджена наказом ректора НУБіП України від «30» грудня 2022 р. № 1944 «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 параметрів транспортно-технологічного адаптера для внесення мінеральних добрив на базі автомобіля

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Аналіз проблем транспортно-технологічного забезпечення сільськогосподарського виробництва
2. Обґрунтування математичної моделі оптимізації параметрів і режимів технологічного адаптера для внесення мінеральних добрив до шасі автомобіля
- 3 Програма і методика експериментальних досліджень
4. Аналіз результатів дослідження
5. Техніко-економічне обґрунтування застосування транспортно-технологічного засобу на базі автомобіля при внесенні мінеральних добрив

Перелік графічного матеріалу Електронна презентація на 24 слайдах

Дата видачі завдання «11» листопада 2022 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

(підпис)

Щенко В.В.

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Головатий Б.Р.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Структура та обсяг магістерської кваліфікаційної роботи: магістерська кваліфікаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел зі 50 найменувань. Зміст роботи викладено на 92 сторінках машинописного тексту, включаючи 36 рисунків та 11 таблиць.

В роботі було розроблено модель оптимізації параметрів транспортно-технологічних агрегатів для внесення мінеральних добрив на базі автомобілів високої прохідності з урахуванням особливостей транспортної та технологічної фази процесу для структури товаровиробників, виробничих і агроландшафтних умов, дозволяє проводити розрахунки та визначати оптимальні теоретичні параметри агрегатів.

Низький обсяг інвестицій протягом останніх років призвів до значного зносу основних фондів. Внаслідок реалізації Державної програми 2008-2022 рр. - оновлення парку тракторів становило - 5,4%, зернозбиральних комбайнів - 8,9%, кормозбиральних - 11,9%. Забезпеченість вантажними автомобілями 50%, тракторними причепами та напівпричепами на 42,4%.

Збільшення ступеня зношування МТП призводить до негативних наслідків, що відбуваються в сільському господарстві: застосування спрощених технологій, порушення оптимальних агротехнічних термінів, суттєвого збільшення експлуатаційних витрат. Максимальний ступінь зносу - 60-70% - мають автомобільний парк, сільськогосподарські машини та обладнання, які є найбільш активною частиною основних фондів АПК, що визначає їх технічний рівень.

ЗМІСТ	
РЕФЕРАТ	3
ЗМІСТ	4
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА	
1.1. Структура товаровиробників сільськогосподарської продукції.....	8
1.2. Характеристика агроландшафтних умов ПП «АГРОТЕМП ПЛЮС», Ямпільського району Вінницької області.....	10
1.3. Вплив природно-виробничих факторів на ефективність використання МТА.....	11
1.4. Технології внесення твердих мінеральних добрив та їх роль у виробництві сільськогосподарської продукції.....	12
1.5. Дослідження щодо створення лінійки вантажних автомобілів сільськогосподарського призначення.....	15
1.6. Методи оптимізації технологічних систем.....	17
РОЗДІЛ 2 ОБГРУНТУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО АДАПТЕРА ДЛЯ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ДО ШАСІ АВТОМОБІЛЯ	
2.1. Концепція багаторівневої оптимізації транспортно-технологічного засобу.....	23
2.2. Оптимізація технологічного циклу при прямоочному внесенні добрив.....	28
2.3. Дослідження впливу потужності ТТЗ на експлуатаційну продуктивність.....	35
РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	
3.1. Характеристика об'єкта.....	37

3.2. Програма та методика випробувань.....	39
3.3. Методика збору та обробки вихідної інформації для моделювання..	39
3.4. Методика імітаційного моделювання.....	45
3.5. Методика пошуку компромісного рішення.....	47
РОЗДІЛ 4 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	49
4.1. Аналіз транспортних процесів у ПП «АГРОТЕМП ПЛЮС», Ямпільського району Вінницької області.....	49
4.2. Узагальнені дані щодо вихідної інформації, необхідної для оптимізації.....	55
4.3. Оптимізація потужності за критерієм максимум продуктивності, результати.....	58
4.4. Узагальнені дані щодо оптимальних параметрів.....	62
РОЗДІЛ 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	
ЗАСТОСУВАННЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО	
ЗАСОБУ НА БАЗІ АВТОМОБІЛЯ ПРИ ВНЕСЕННІ	
МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ.....	73
ВИСНОВКИ.....	85
СПИСОК ВИКОРИСТНИХ ДЖЕРЕЛ.....	87

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

НУБІП України

Технічна та технологічна модернізація сільського господарства передбачає реалізацію системи заходів щодо обґрунтованого оновлення парку сільськогосподарської техніки, впровадження нових технологій. При цьому

важливо враховувати структуру товаровиробників, які змінилися, зональні і виробничі умови і економічне середовище.

Значну частку застосовуваних добрив, становлять тверді мінеральні туки і органічні біоти. Вносять їх переважно при основному обробітку ґрунту

супільним способом типовими тракторними (ТЗ), а перспективі і автомобільними (АЗ) транспортно-технологічними засобами (ТТЗ) [4].

На даний момент для внесення мінеральних гранульованих добрив за прямоочною технологією (яка є перспективною і менш затратною) у більшості випадків використовують тракторні транспортно-технологічні агрегати.

На основі проведених досліджень обґрунтовано лінійку вантажних автомобілів середньої та малої вантажопідйомності, створені дослідні зразки вантажних автомобілів вантажопідйомністю 5-6 тонн (КрАЗ-5133Н2 АЗ

«КрАЗ») [131], вантажний автомобіль вантажопідйомністю до 2 тонн - MAN повна маса 3500 кг, з колісною формулою 4×2, від 2 до 5 тонн.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є розробка методики та обґрунтування оптимальних параметрів транспортно-технологічного агрегату

на базі вантажного автомобіля підвищеної прохідності з адаптером для внесення мінеральних добрив залежно від виробничих та агроландшафтних умов.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати структуру товаровиробників та характеристики виробничих та зональних умов використання машин для внесення мінеральних добрив;

- проаналізувати методи та моделі оптимізації параметрів машинно-тракторних агрегатів;

➤ проаналізувати застосовувані критерії оптимізації та обґрунтувати вибір критеріїв оптимізації параметрів транспортно-технологічних агрегатів на базі автомобілів високої прохідності для структури товаровиробників, виробничих та агроландшафтних умов;

➤ розробити модель оптимізації параметрів транспортно-технологічних агрегатів для внесення мінеральних добрив на базі автомобілів високої прохідності з урахуванням особливостей транспортної та технологічної фаз процесу для структури товаровиробників, виробничих і агроландшафтних умов;

➤ обґрунтувати ефективне використання транспортно-технологічних агрегатів на базі автомобілів високої прохідності для сформованої структури товаровиробників, виробничих та агроландшафтних умов.

Об'єкт досліджування: Автомобіль КрАЗ-5133Н2 для сільського господарства з колісною формулою 4x4 у вигляді шасі зі встановленими змінним технологічним адаптером для внесення твердих мінеральних добрив СТА-5ТМ та двома пристроями щодо відбору потужності.

Предмет досліджування: технологічні адаптери для внесення твердих мінеральних добрив СТА-5ТМ та пристрої для відбору потужності

Методологія та методи дослідження. Дослідження засноване на методах математичного та імітаційного багатоваріантного моделювання, узагальненні вихідних даних, методами математичної статистики та планування експерименту, що базується на системному, багаторівневому підході до оптимізації, теорії автомобіля та емпіричних моделях, що описують експлуатаційні властивості автомобіля та технологічного адаптера.

Для визначення раціональних рішень застосовувалися методи математичного аналізу.

НУБІП України

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

1.1. Структура товаровиробників сільськогосподарської продукції

Сільськогосподарське виробництво є головною галуззю народного господарства. В Україні у сфері сільськогосподарського виробництва знаходиться 210 млн. га сільгоспугідь, причому 129 млн. га займає рілля, на якій вирощуються основні сільськогосподарські культури.

Сільське господарство є важливою інфраструктурою країни. Виробництво продукції рослинництва, тваринництва, а також інших суміжних та попутних виробництв забезпечують населення продовольством, а харчову промисловість – сировиною. Галузь створює робочі місця та активно розвиває експорт сільськогосподарської продукції. Чисельність сільського населення з 1990 по 2022 роки принципово не змінювалася і становить середньому 38,19 млн. людей. Безпосередньо зайнято у сільськогосподарському виробництві 8,5 млн. чоловік.

У ході реорганізації колгоспів та радгоспів утворилися нові форми сільськогосподарських виробництв. Зменшилась частка державних сільськогосподарських підприємств. Приватні господарства становлять близько 60%. Внаслідок таких реформ відбулося зменшення валової продукції на 40%, проте зміна цього показника за видами господарювання не однорідна. Наприклад, у господарствах населення спостерігається збільшення частки валової продукції до 43,7%.

При цьому ефективність використання земельних ресурсів знизилася більш ніж на 30%. Висока врожайність окремих господарств свідчить про потенційну можливість при веденні сільськогосподарського виробництва.

Основна причина недобору врожаю зернових культур через порушення технології на різних етапах вирощування.

У нашій країні реалізацією сільськогосподарського виробництва займаються три види категорій господарств: сільськогосподарські підприємства, господарства населення, селянські (фермерські) господарства.

Для прогнозування напрямку вектора розвитку технічного забезпечення необхідно враховувати структуру товаровиробників, що змінилася.

Малі підприємства. Кількість малих підприємств у сільському господарстві становить приблизно 22,8 тисячі. Чисельність працівників (без зовнішніх сумісників) на малих підприємствах сільського господарства – 240,9 тисяч осіб [4], у середньому одне мале підприємство – 10,6 людина.

На кінець 2022 року за формами господарювання сільськогосподарських підприємств мають таку питому вагу від загального числа (табл. 1.2).

Встановлено, що питома вага сільськогосподарських підприємств змінюється у бік збільшення товариств (товариств) з обмеженою відповідальністю – така форма власності переважно використовується великими підприємствами, зокрема агрохолдингами.

Такі підприємства мають великі площі 150-200 тис. га. Виробництво в таких господарствах здійснюється на полях, які найчастіше знаходяться в інших областях, а відстань від центральної садиби до полів варіюється від 1 до кількох сотень кілометрів.

Таблиця 1.1.

Питома вага сільськогосподарських підприємств

Види підприємства	Питома вага у загальному числі, %
Відкриті акціонерні товариства	5,2
Закриті акціонерні товариства	6,1
Товариства (товариства) з обмеженою відповідальністю	54,6
Колективні організації	
Сільськогосподарські кооперативи	39,6
Державні підприємства	2,1
Інші	9,0
Всього	100,0

Таким чином, принципово змінилася структура товаровиробників та

умови ведення сільськогосподарського виробництва, що необхідно враховувати під час обґрунтування системи технічних засобів.

1.2. Характеристика агроландшафтних умов ПП «АГРОТЕМП

ПЛЮС», Ямпільського району Вінницької області

Системою машин визначено 15 агрозон, за які прийнято переважно великі економічні райони. У зв'язку зі значними ґрунтово-кліматичними відмінностями окремих зон, виділено 9 секторів механізації, які більш точно відображають природні умови адміністративних областей, що входять до них.

При визначенні секторів використані показники, що впливають на застосування машинно-тракторного парку, головним чином зональні відмінності

Кожна зона характеризується: територією, сукупністю суб'єктів кліматичними особливостями (тривалість пори року, опадами, температурою, вологістю), ґрунтом (вид, склад) характеристикою полів, та умовами роботи машин (довжина гону, площа, кут схилу та ін.)

У зв'язку з цим у цій зоні необхідно приділяти велику увагу внесенню добрив.

Характеристики полів та умови робіт представлені рис. 1.1., 1.2.

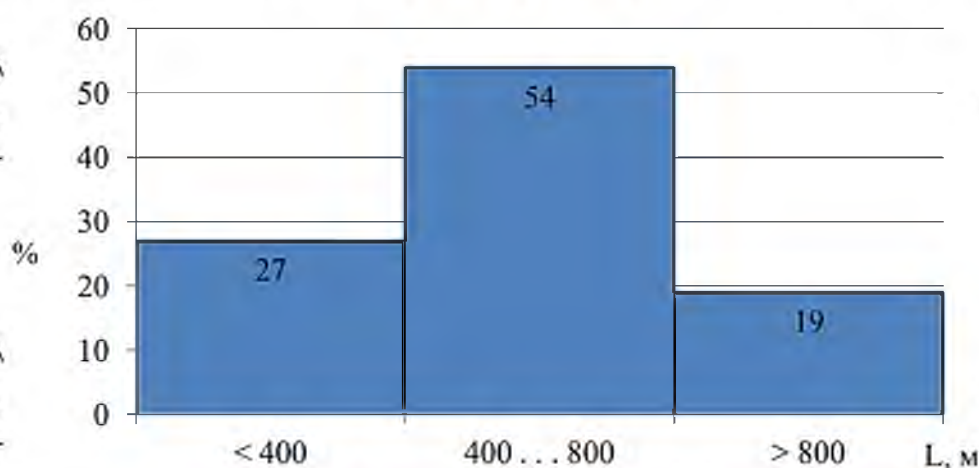


Рис. 1.1. Розподіл полів за довжиною гону

З рис. 1.1 видно, що 54% полів мають довжину гону від 400 до 800 метрів, 28% площ займають ділянки розміром до 3 га, 25% - 3...8 га та 25% - від 9 до 33 га, відповідно до рис. 1.2.

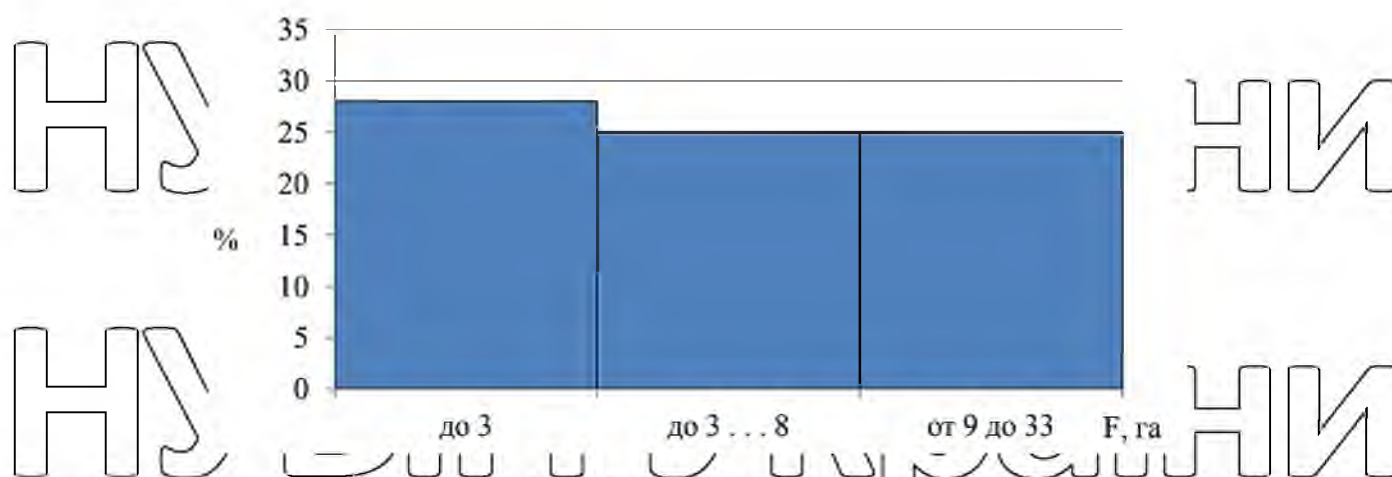


Рис. 1.2. Розподіл полів за площею

Середній радіус внутрішньозмінних переїздів 2000м. Питомий опір ґрунту в середньому $0,53 \times 10^{-1}$ МПа.

1.3. Вплив природно-виробничих факторів на ефективність використання МТА

Специфіка ведення сільськогосподарського виробництва зумовлена нестійкими природно-кліматичними умовами, різноманіттям виробничих факторів, ризиками та ін., що ускладнює виробництво культур. Перед організаторами сільськогосподарського виробництва стоїть складне завдання щодо вибору технологій, машин, термінів виконання механізованих робіт.

Поряд із цим також потрібно враховувати й економічні аспекти.

Результати сільськогосподарського виробництва залежать від метеорологічних факторів. Несприятливі метеофактори завдають шкоди виробництву. До 65% втрат у сільському господарстві від несприятливих погодних умов поєїдає сільське господарство. Близько половини цих втрат можуть бути усунені.

Невідновні втрати продукції відбуваються в основному при агронічних та експлуатаційних помилках та неправильності прийняття рішення у конкретній виробничій ситуації.

Стверджується, що з урахуванням стохастичного впливу природних факторів, традиційні методи організації та використання технічних засобів у рослинництві не виправдано орієнтуються на середні (кліматичні) показники

умов. Однак, не рідко складається така ситуація, за якої необхідно суттєво змінювати підхід до реалізації виробництва із залученням техніки та трудових ресурсів із власних резервів та нерідко із залученням їх з боку.

Слід зауважити, що рівень впливу природних факторів на нестійкість урожаю зернових залишається вищим, ніж підвищення технічної оснащеності сільськогосподарського виробництва та вдосконалення технологій. Не варто відкидати той факт, що фактори експлуатаційної технологічності технічних засобів відображаються трьома групами (зональні відмінності, організаційні причини, конструктивні особливості), а найголовніше те, що ці групи факторів впливають на баланс експлуатаційного часу, що зрештою визначає продуктивність.

Природно-кліматичні чинники вимагають ведення сільськогосподарського виробництва, у своїй більшості машини з низьким, у разі, з допустимим питомим тиском рушіїв ґрунт і підвищеною прохідністю.

Розробки щодо раціонального ведення механізованих робіт з урахуванням погодного впливу вкрай мало, хоча 65% від несприятливих погодних умов у сільському господарстві припадає на сільське господарство, більше половини яких запобігають своєчасним агротехнічним заходам. Несвоєчасне виконання польових механізованих робіт призводить до непоправних біологічних втрат продукції, що становить приблизно 20...25% від валового збору.

На думку різних вчених на успішне виконання механізованих робіт більшою мірою впливає, у ймовірнісних погодних умовах, грамотне та чітке використання технічних засобів, використання резервів.

1.4. Технології внесення твердих мінеральних добрив та їх роль у виробництві сільськогосподарської продукції

Спостерігається тенденція до збільшення внесення мінеральних добрив, наприклад, приріст внесення мінеральних добрив у 2021 році до 2022 року становив 64,7%, що у переведенні на тонни діючої речовини близько 1,9 млн. т. За рахунок реалізації заходів щодо внесення мінеральних добрив збільшується

та врожайність сільськогосподарських культур. Валовий збір зернових культур, овочів збільшився на 102,2%.

Мінеральні добрива протягом року вносяться нерівномірно.

Використовують схеми суцільного внесення під зяблеву оранку в поєднанні з локальним внесенням при посіві та в процесі догляду.

Квітень – липень – 60%, липень – жовтень також 20%. Процес внесення добрив визначається складним комплексом умов: ґрунтовою родючістю, біологічними особливостями сільськогосподарських культур та їх сортів,

агротехнікою, способами, термінами, кількістю та якістю внесених добрив,

кліматичними та погодними умовами. Існує зв'язок між урожаєм та погодними умовами у процесі внесення добрив. На даний момент немає єдиного підходу до оцінки впливу погодних умов на процес внесення добрив. На дії добрив з

безлічі метеорологічних факторів домінують такі, як вологість і температура ґрунту, одним словом, чим більша вологість і температура ґрунту, тим сприятливіша обстановка для поглинання речовин рослинами.

Раніше системою машин для комплексної механізації сільськогосподарського виробництва були рекомендовані транспортні засоби

для суцільного внесення добрив. Реалізація механізованих робіт із внесення

мінеральних добрив передбачає два види основних технологій: перевантажувальна та прямоточна. Прямоточну технологію застосовують у всіх зонах. Прямоточна технологія передбачає використання транспортно-

технологічного агрегату. Для цього використовують причіпні або начіпні машини у складі тракторного агрегату або засіб для внесення на базі автомобіля (МХА-7 на базі «КрАЗ-5133Н2»).

Для успішного ведення сільськогосподарського виробництва потрібні високопродуктивні машини для внесення твердих мінеральних добрив. На відстані транспортування 10 та більше кілометрів системою машин

пропонується один розкидач на базі автомобіля.

Для реалізації дорожньо-польової (транспортно-технологічної) операції, пов'язаної із внесенням твердих мінеральних добрив, в даний час здійснюється

переважно тракторною технікою з потужністю двигуна 114, 147 кВт, що відповідає потужності сімейства автомобілів, що розробляється. А нашіпні на універсально-просапних тракторах 0,9 – 1,4 тягового класу.

Як аналог для даної розробки, відповідної потужності, зайнятого на зазначеній роботі, можна прийняти колісний трактор ХТА-208, для якого в звичайних за прохідністю умовах з показниками зчеплення та опору коченню ($\phi = 0,6$ і $f = 0,1$) застосовуються штатні напівпричепи і – 8-10 т., а в обмежених та поганих умовах прохідності ($\phi = 0,5 - 0,45$ і $f = 0,15 - 0,2$) вантажопідйомністю 6 т., від тракторів суміжного меншого класу тяги.

На транспортно-технологічних операціях нині з трактором класу 3 експлуатуються спеціальні напівпричепи типу РУМ-8 та інші вантажопідйомністю 8 – 10 т.

Створення технологічного змінного обладнання такої вантажопідйомності для двовісного шасі автомобіля неможливо через обмеження навантаження на вісь, тому застосування перспективного автомобіля на транспортно-технологічних операціях вимагатиме розробки шасі автомобіля з системою, що дозволяє в короткі терміни проводити заміну технологічної надбудови та ряду спеціалізованих технологічних адаптерів, збільшення потенціалу автомобіля, у тому числі розкидач мінеральних добрив.

1.5. Дослідження щодо створення лінійки вантажних автомобілів сільськогосподарського призначення

Роль транспорту у сільськогосподарському виробництві важко переоцінити. Він є сполучною ланкою в єдиному технологічному ланцюзі агропромислового виробництва. Забезпечуючи матеріальні потоки різноманітної сільськогосподарської продукції всіх стадіях і етапах її виробництва, транспорт постає як інтегратор виробничої діяльності сільськогосподарських, переробних, і обслуговуючих підприємств.

Нині сільськогосподарський транспорт, як автомобільний, і тракторний, характеризується низьким технічним рівнем і сильним зносом. Слабке

оновлення транспортних засобів у господарствах призвело останніми роками до погіршення транспортного забезпечення виробничих процесів та зниження економічних показників та збільшення біологічних втрат урожаю.

Інноваційний розвиток транспортної сфери передбачає створення технічних засобів нового покоління.

Зроблено висновок про те, що прямоточні технології слід застосовувати лише тоді, коли пропускна здатність за основним продуктом технологічної машини перевищує 20 кг/с. Перевантажувальну технологію доцільно

використовувати на сівбі та збиранні зернових культур, внесенні мінеральних

добрив. Поряд із цим йдеться про складність реалізації перевантажувальної технології через відсутність у виробництві накопичувача-перевантажувача.

В даний час і на перспективу збережеться поділ транспортних операцій на технологічні та загальногосподарські. Прогнозується використання на технологічних операціях автомобілів вантажопідйомністю від 4 до 6 тонн⁵⁵.

Аналіз наявності тракторів у господарствах показав, що спостерігається зниження їхньої кількості, що збільшує їх навантаження і призводить до порушення агротермінів. При цьому на ранньовесняних роботах (затримання вологи, підживлення та ін.) найкращі показники мають агрегати з гусеничними

рушнями, що відповідає умовам агротехніки, оскільки навесні потрібно максимально використовувати гусеничні трактори.

На сьогоднішній день Система машин не є директивним документом, а має рекомендаційний характер. Вона повинна дозволити долати міжрегіональні

бар'єри та забезпечувати найефективніше використання наявних обмежених ресурсів. Створення техніки нового покоління результативніше здійснювати з

урахуванням системи типажів технічних засобів. Перспективна система повинна мати мінімум витрат енергії та інших ресурсів отримання одиниці

виробленої продукції, раціональну систему транспортного обслуговування у всьому діапазоні природно-виробничих умов країни.

Система типажів транспортних засобів охоплює низку автомобілів з потужністю від 80 до 175 кВт. Аналіз табличних даних джерела [18] показав,

що системою типажів транспортних засобів (автомобілів) з потужністю близько 140 кВт передбачає їх експлуатацію у середніх, фермерських та великих господарствах.

У зв'язку з цим актуальним є питання про підвищення кількості енергетичних засобів для виконання операцій сільськогосподарського виробництва. У перспективі такими можуть стати агрегати на базі автомобіля, наприклад при внесенні мінеральних добрив.

Одночасно сільське господарство немислиме без технічного забезпечення, спостерігається ускладнення техніки [30], що вимагає від оператора виробництва відповідних нових знань, компетенцій, умінь і навичок.

У ситуації, що склалася, одним із шляхів відновлення ефективного транспортного обслуговування сільського господарства є вдосконалення організації та технологій перевезень з використанням спеціальних базових транспортних засобів, обладнаних набором змінних адаптерів, які дозволяють збільшити продуктивність транспортних засобів та розширити сферу їх застосування. Це також дозволяє вирішити певною мірою проблему оптимальної побудови транспортної логістики у технологічному процесі виробництва продукції рослинництва.

Новий автомобіль сільськогосподарського призначення з колісною формулою 4x4 вантажопідйомністю 5-6т є основою для створення транспортно-технологічних засобів нового покоління.

З урахуванням аналізу обсягу, часу та перспективи перевозимих вантажів, були, сформульовані уточнені типажі та структура транспортних засобів сільськогосподарського призначення. Завдяки якому вирішувалися основні актуальні завдання щодо транспортування вантажів та технологічного забезпечення виробничих процесів (своєчасне перевезення, усунення втрат та втрати якості). З метою формування типорозмірного ряду, визначено типаж транспортних засобів до 2020 року з урахуванням зростання обсягу вантажоперевезень. За типом автомобілів до 2 тонн у структурі парку прогнозується 7,7%, від 2,1 до 5 тонн – 28,4%, від 5,1 до 8,0 – 36,8% та понад 8

тонн - 11,6%.

у зв'язку з сезонністю і великою номенклатурою вантажів, що перевозяться в сільському господарстві, спостерігається низький рівень використання транспортних засобів, в той же час присутній їх дефіцит. Поруч

із, великий обсяг робіт пов'язані з транспортно-технологічним обслуговуванням виробничих процесів (внесення добрив, роздача кормів та інших). Цю проблему можна вирішити із застосуванням змінних кузовів та технологічних адаптерів (надбудов).

В даний час для швидкої заміни надбудови можна застосовувати систему типу «Мультіліфт», розроблену на базі шасі автомобілів вітчизняного виробництва. Існують й інші пристрої, що дозволяють проводити заміну адаптерів, за допомогою спеціальних стійок-домкратів змінний кузов або надбудова встановлюється на зберігання до наступної експлуатації.

Завдяки цим системам автомобіль стає більш універсальним при реалізації транспортного забезпечення, і його річне завантаження збільшується, покращуючи його техніко-економічні показники, а також дозволяють перевозити вантажі різного характеру, підвищити продуктивність та знизити прості збиральних агрегатів у 1,2 – 1,3 рази, здійснити якісне перевезення

вантажів.

1.6. Методи оптимізації технологічних систем

Основоположником теоретичних досліджень з раціонального проектування технологічних процесів в агропромисловому комплексі можна вважати видатного вченого у сфері землеробської механіки В.П. Горячкіна. Він неодноразово зазначав, що в створенні машин необхідно визначення оптимальних значень основних параметрів: потужність двигуна, швидкість руху, ширину захвату [21].

Питання оптимальному співвідношенні мас, швидкості і потужності під час виконання сільськогосподарських процесів поставлено роботах В.П. Горячкіна [21]. Каталізатором став інтенсивний розвиток технології

виробництва сільськогосподарської продукції з використанням технічних засобів, що задовольняють таким технологіям.

Перед промисловістю постало складне завдання у розробці та подальшому виробництві техніки для сільського господарства. На ряду, з цим постало завдання при експлуатації такої техніки. Необхідно було визначити параметри, а також режими роботи, які відповідають критеріям оптимальності.

Зарубіжні форми ведення сільського господарства мають на увазі малі (за площею) господарства та їх чисельність. Аналіз зарубіжної літератури показав, що роботи більшою мірою присвячені технічному та економічному забезпеченню окремих господарств за їх розмірами.

Встановлено, що техніко-експлуатаційні властивості МТА взаємопов'язані з параметрами транспортного засобу. Стверджується, що цей взаємозв'язок не дозволяє визначити оптимальні параметри орієнтуючись на один із критеріїв. Необхідно визначити узагальнений показник, яким у цьому випадку, будуть наведені витрати.

Підвищення ефективності колісних універсально-просапних тракторів у пропонується досягти шляхом удосконалення конструктивних параметрів та оптимізації технологічних режимів. При визначенні техніко-економічної

ефективності та оптимальних параметрів засобу при роботі зі збиральними машинами пропонується прийняти основним критерієм оптимальності «мінімум експлуатаційних витрат» з урахуванням зональних експлуатаційних особливостей збирального процесу, а допоміжними вибрано: максимум експлуатаційної продуктивності; мінімум погектарної витрати палива; мінімум маси агрегату.

Аналіз літературних джерел показав, що з оптимізації параметрів машин і агрегатів загалом знайшли широке застосування. Наводяться методики їх визначення з орієнтиром на виробничі та економічні критерії, а саме: максимум продуктивності мінімум витрат. У моделях розглядають транспортні роботи та не враховують технологічні фази процесу щодо розподілу матеріалу по поверхні поля.

При створенні нових технічних засобів для хімізації сільськогосподарського виробництва висуваються нові вимоги щодо використання інтелектуальних систем, які дозволяють здійснювати просторове позиціонування, моніторинг рослин, ґрунтів та кліматичних факторів.

Створення спеціалізованих енергетичних засобів для внесення мінеральних добрив має дати можливість роботи на перезволоженому ґрунті.

Слід зазначити, що з деяких сучасних транспортно-технологічних засобів, математичні моделі оптимізації далеко ще не досконалі.

Аналіз методів оптимізації показав, що велику частку займають оптимізація робочих органів, конструкції, параметрів сільськогосподарських машин та агрегатів.

Методика представляє класичний приклад системного підходу, вона полягає у поетапному визначенні трьох складових цього методу. Починають із вибору узагальненого параметра, потім визначають (обґрунтовують) питому місткість технологічної системи, завершують оптимізацію розрахунком оптимальних експлуатаційних параметрів (вантажопідйомність, швидкість, ширина захоплення).

При реалізації транспортно-технологічного процесу однією робочою швидкістю обійтися неможливо. Роботи такого виду складаються з двох фаз: транспортної та технологічної, отже, виникає необхідність у виборі оптимальної швидкості не тільки при пересуванні під час внесення, але і при доставці матеріалу до поля.

Це дозволяє визначати оптимальне співвідношення вантажомісткості та ширини захвату, що у свою чергу знижує необружені проходи по полю та ущільнення ґрунту.

Встановлено також можливість використання грошових витрат для визначення орієнтовних витрат, значень потужності МТА на виконання технологічного процесу з урахуванням лінійної залежності часу основної роботи агрегатів від їх потужності. Більшою мірою зміну потужності впливають співвідношення ціни палива і оплати праці виконавця робіт.

Завданням оптимізації є пошук найкращого рішення з найменшими витратами, для цього необхідно мати модель оптимізації та алгоритм розв'язання.

Будь-яка модель не мислима без критеріїв (цілових функцій), які у свою чергу різноманітні та численні. При цьому оптимізація за кожним критерієм дасть різні результати.

Задатися правильним та об'єктивним критерієм завдання складне.

На даний момент накопичений досвід оптимізації дозволяє сформувати групу критеріїв, які на думку вчених найбільш актуальні в тій чи іншій галузі

оптимізації, до них належать:

- ❖ максимум продуктивності;
- ❖ мінімум прямих експлуатаційних витрат;
- ❖ мінімум наведених витрат;
- ❖ компромісні критерії.

Аналізуючи методики оптимізації параметрів, найкращою на наш погляд є методика, в якій був використаний системний підхід, та запропоновано багаторівневий метод до оптимізації параметрів МТА за узагальненим параметром.

Цей системний метод складається з двох етапів. На першому етапі визначаються параметри агрегату, за яких критерій максимум продуктивності приймає екстремум у реальних виробничих умовах.

З другого краю етапі, задовольняючи критерію мінімум експлуатаційних витрат, визначаються оптимальні значення параметрів агрегату (робоча швидкість, ширина захоплення, вантажопідйомність).

Для вирішення завдань, що стоять перед цим дослідженням, пропонується визначати оптимальні значення для транспортно-технологічних засобів.

На наш погляд є найбільш прийнятною для визначення оптимальних параметрів сільськогосподарських машин та агрегатів, проте не повною мірою застосовується для оптимізації ТТЗ з урахуванням співвідношення

транспортного та технологічного процесів. Пропонується, враховуючи накопичений досвід вчених у цій галузі, розробити оригінальну математичну модель для визначення оптимальних параметрів транспортно-технологічних засобів для внесення твердих гранульованих мінеральних добрив на базі шасі автомобіля сільськогосподарського призначення з огляду на реальні виробничі умови.

Раніше як узагальнений параметр оптимізації використовувалася чиста продуктивність агрегату $P_0 = B \cdot V$. Чиста продуктивність P_0 характеризує весь агрегат загалом, і є основою перебування інших його параметрів. Також слід зазначити, що для створення високоефективних транспортно-технологічних засобів необхідна розробка методів обґрунтування їх параметрів, що враховують особливості технологічного середовища та базуються на принципі системного аналізу.

Чиста продуктивність не враховує агроландшафтні характеристики та кінематику агрегату. Для обліку цих компонентів технологічного процесу використовують продуктивність за 1 годину змінного часу та змінне виготовлення.

При оптимізації параметрів максимуму продуктивності досліджується

цільова функція:

$$W_{зм} = 0,36 \cdot B \cdot V \cdot \tau \cdot T \rightarrow \max, \quad (1.1)$$

де $W_{зм}$ - змінна експлуатаційна продуктивність, га/см²;

B - ширина захвату, м;

V - робоча швидкість, м/с;

T - час зміни, год;

τ - коефіцієнт використання часу зміни. При цьому узагальнений параметр $P_0 = B \cdot V$ є функцією потужності двигуна.

За критерієм максимум продуктивності загалом думки єдині. За критеріями мінімум економічних витрат немає єдиної універсальної методики щодо його обґрунтування. Критерій максимуму продуктивності є недостатнім для оптимізації параметрів агрегату, тому що при цьому не враховуються

повною мірою експлуатаційні витрати

Оцінка економічної ефективності передбачає порівняння двох видів агрегатів, нового та старого, і в результаті розрахунку експлуатаційних показників визначити найбільш прийнятний з економічних міркувань. Такий підхід неприйнятний при оптимізації, тому що весь розрахунок прив'язаний до певного обсягу робіт, що на практиці зустрічається рідко, а найголовніше такий підхід не дозволить дати конкретні рекомендації для реальних господарств, і немає в моделі оптимізації абстрактного транспортно-технологічного автомобіля.

Поряд з цим, сучасне господарювання передбачає різні форми володіння технічними та виробничими засобами, наприклад, оренда, лізинг та ін. При аналізі літературних джерел нами не виявлено конкретних рекомендацій щодо дій при плануванні робіт по тій чи іншій формі ведення виробництва.

Аналізом технологій внесення мінеральних добрив встановлено, що прямоточна технологія економічно ефективна при невеликій відстані перевезення добрив, які для розкидачів вантажопідйомністю 4, 8 та 16 т не повинні перевищувати відповідно 1, 3 та 4 км, але не наводиться математичний апарат, який дозволив довести це, також немає посилання джерело цієї інформації. Поряд з цим, не уточнюється вид агрегату (тракторний або автомобільний), а також марки техніки, які, як зазначають автори, економічно вигідні.

Аналіз періодики показав, що внесення мінеральних добрив і гербіцидів питання актуальне, але більшість робіт спрямовано обґрунтування параметрів і оптимізації лише конструкції, а чи не всього агрегату загалом: його потужності, ширини захоплення, швидкості та інших. Методика обґрунтування відсутня.

При виборі оптимальної продуктивності праці встановлено, що основним шляхом зниження вартості перевезень тракторним транспортним агрегатом є збільшення продуктивності транспортного засобу, однак, для транспортно-технологічних агрегатів дана методика не прийнятна, тому що при організації такого виду робіт необхідно враховувати двофазність процесу.

РОЗДІЛ 2 ОБГРУНТУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО АДАПТЕРА ДЛЯ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ДО ШАСІ АВТОМОБІЛЯ

2.1. Концепція багаторівневої оптимізації транспортно- технологічного засобу

Створення та впровадження автомобілів сільськогосподарського призначення зі змінними адаптерами для транспортно-технологічних операцій - важлива інновація у транспортній логістиці.

Їх відмінна риса – можливість виконання низки виробничих процесів рахунок використання змінного технологічного устаткування – адаптерів, що дозволяє потоково виконувати окремі транспортні і технологічні операції протягом одиничного циклу робіт. Про доцільність реалізації таких функціональних особливостей свідчить включення ТТЗ як автомобілів нового покоління до складу технологічних адаптерів реєстру технологій виробництва продукції рослинництва.

Науковий та виробничий інтерес представляють їх перевагу у транспортній швидкості при доставці вантажу до поля та можливість виконання польових робіт з переміщення та розподілу технологічного матеріалу. Дослідження та реалізація таких особливостей найбільш актуальні для процесів, що відрізняються великими ресурсами, вантажопотоками, наприклад, внесення різного виду добрив, меліорантів або хімікатів.

Ефективність використання ТТЗ визначається оптимальним співвідношенням конструкційних параметрів та режимів роботи із сукупністю зовнішніх виробничих та агроландшафтних умов. Для вирішення цієї оптимізаційної задачі важливо обґрунтувати сукупність критеріїв оптимальності, що забезпечують ресурсозбереження, якість та екологію.

Найбільш раціональним способом для пошуку ефективності є системний підхід, при якому моделювання доцільно проводити по взаємопов'язаних

підсистем поетапно, відповідно до регламенту функціонування ТТЗ, відповідно до рис. 2.1. Перед поясненням кожної з підсистем слід відзначити важливі особливості побудови моделі оптимізації.

При оптимізації транспортно-технологічного засобу на базі автомобіля основними параметрами оптимізації є: маса перевозимого вантажу, (вантажосмність засобу) Q , кг; робоча ширина захоплення адаптера, B , м.кв.

Встановити окремо оптимальні значення кожного з них на основі математичної моделі та для одного критерію оптимальності – завдання складне:

безліч змінних, функцій, їх обмежень та варіацій, а також факторів та ознак. До

того ж параметри взаємопов'язані і функціонально залежні від зовнішніх умов і режимів роботи, по-різному математично представлені в цільових функціях.

Розроблені наукові методи пошуку оптимальних значень параметрів зводяться до вирішення окремих завдань. Такого виду технічні засоби

розглядаються (часто без обґрунтування) в одних випадках, що відповідають транспортному призначенню, а в інших – польовому, подібно до МТА.

Відзначено випадки надання їм та двоїстого призначення, без конкретизації пайового поділу.

За такого підходу неможливо встановити раціональність перевезення

однієї з призначень ТТЗ. Це призводить до того, що ТТЗ з рекомендованими силовими та швидкісними параметрами можуть ефективно виконати одну з фаз процесу (наприклад, транспортну роботу), але при цьому виконання іншої фази

(наприклад, польової роботи) не відповідатиме вимогам ресурсозбереження та екології.

Доречно відзначити одну з основних причин такого разусу – це ігнорування функціонального взаємозв'язку параметрів Q та B в балансі потужності, а також залежності їх співвідношення (Q/B) від зовнішніх умов виконання процесу та особливостей конструкції робочих органів адаптерів – ємностей.

Необхідно врахувати зазначені некоректності та скрупульозно дослідити структурність, аналітичні зв'язки, вплив експлуатаційних параметрів на різні

критерії за різних режимів функціонування ТТЗ та залежно від зовнішніх умов виконання виробничого процесу.

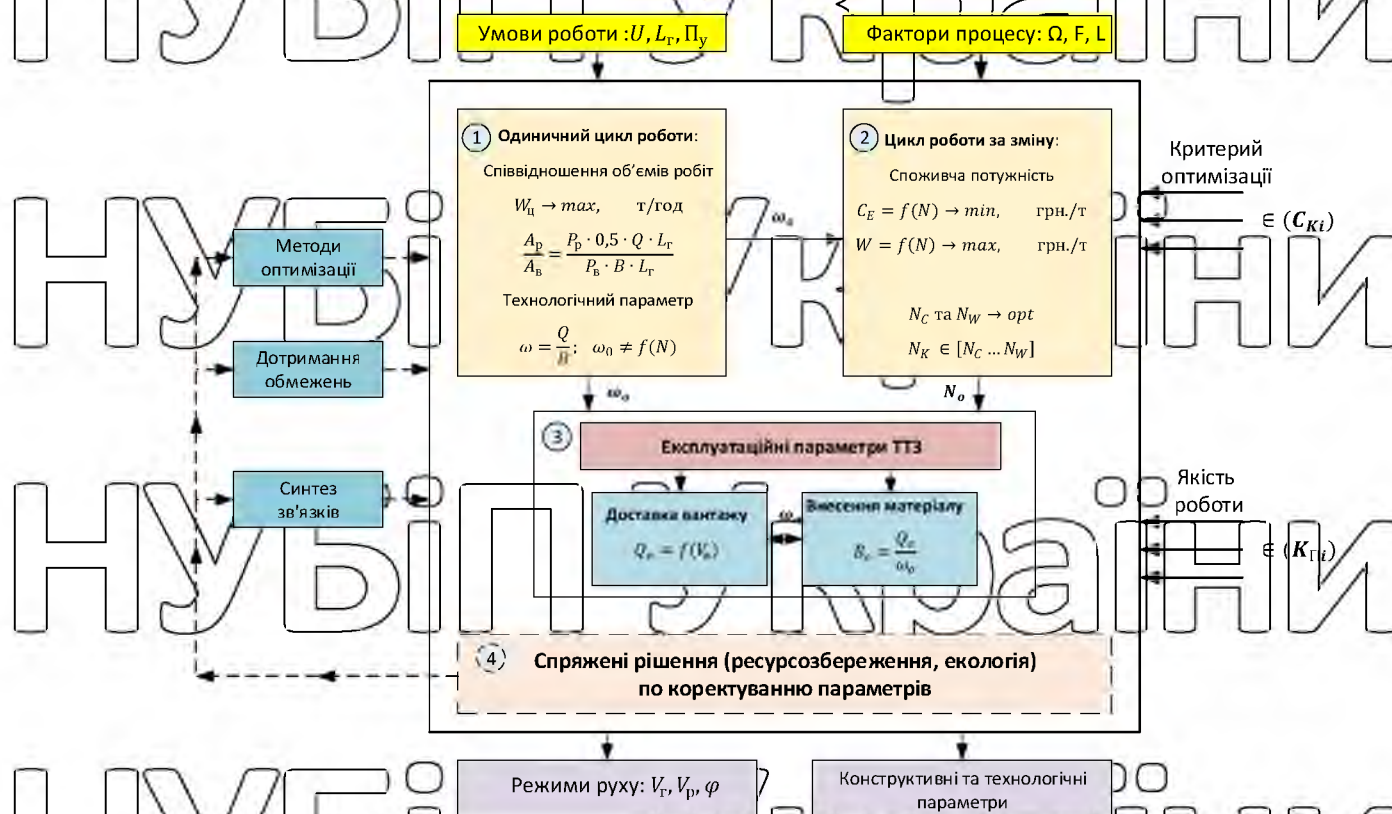


Рис. 2.1. Блок-схема моделі оптимізації параметрів транспортно-технологічного засобу на базі автомобіля

Новаторство в моделюванні - виявлення та дослідження у взаємозв'язку технологічного (співвідношення Q/V) та узагальненого (потрібна потужність N) параметрів. Необхідність їх паралельної оптимізації пояснюється відсутністю методів визначення часток складових критеріїв, що припадають на кожен окремо конструкторсько-експлуатаційний параметр.

Поряд з цим, неможливо без оптимізації співвідношень силових параметрів Q і V визначити раціональність розподілу обсягів фазових робіт у конкретних умовах виробництва.

З урахуванням зазначених особливостей пропонується ієрархія підсистем, обумовлена поєднанням цільових функцій, що відбивають економічну, механічну, технологічну сторони процесу. Це підвищує достовірність рішення, оскільки воно задовольняє комплекс критеріїв $\in (C_{Ti})$; мінімуми експлуатаційних витрат грошей C_E , праці H , палива θ , в розрахунку на одиницю

обсягу роботи (через W), а не одному з них. При цьому контролюється дотримання нормативів та допусків показників якості $\in (K_{pi})$.

Спочатку оптимізується технологічний параметр (блок 1 на рис. 2.1.), який встановлює співвідношення обсягів робіт (з переміщення та розподілу вантажу) при польовій фазі процесу. Як такий параметр розглядається величина ω - питома вантажомісткість адаптера.

Необхідність «впровадження» (як новаторської теоретичної передумови) блоку на вибір ω_0 пояснюється відсутністю методу визначення «часткової участі» кожного з експлуатаційних параметрів B , Q у «формуванні» витрат і

продуктивності. Крім того, немає формули, за якою можна встановити залежність кожного з них окремо від тієї чи іншої характеристики зовнішніх виробничих та агроландшафтних умов.

По суті, Q - конструктивний параметр, що визначається можливістю транспортування вантажу за дотримання допустимих швидкостей енергетичної установки, допустимого навантаження на ходову систему і дорожнє покриття, прохідність автомобіля, тобто. з тягово-динамічних характеристик автомобіля.

B_p - Залежить від конструкції розсіювального апарату, режимів його роботи та технологічних регулювань. Задає питому площу ділянки $B_p \cdot V_p$, м²/с розміщення добрив разом із дозою внесення. U - Задає потік розподілу матеріалу. Відношення $Q/B_p = \omega$ - питома вантажомісткість.

Пропонується в підсистемі 2 дослідити вплив зовнішніх умов, особливостей конструкції адаптерів не на кожен з параметрів Q або B_p , а на параметр їхнього відносного взаємозв'язку у вигляді $\omega = Q/B_p$. Виявляється такий зв'язок через баланс потужності при польовій фазі процесу, а також через співвідношення обсягів робіт з вантажопереміщення ($A_p = P_p \cdot 0,5 \cdot L_p \cdot Q$) на довжині одиничного ходу L_p та розподілу матеріалу по площі ($A_b = P_b \cdot B_p \cdot$

L_p). При виборі параметра ω критерієм оптимальності приймається максимум циклової продуктивності $W_{ци}$ за час $t_{ци}$ - тривалість одного рейсу, у вигляді

$W_{ц} = Q/t$. За умовою $dW_{ц}/d\omega = 0$ визначається оптимальне незалежне від потужності значення ω_0 . Встановлений ним взаємозв'язок між Q і V_p буде потрібний для обґрунтування оптимальних значень як V_0 , так і Q_0 , і відповідних їм швидкісних режимів роботи автомобіля та адаптера.

Обґрунтування оптимального ω дозволить оптимізувати виконання польової роботи, мінімізуючи вантажопереміщення по полю, та знизити витрати енергії та палива.

Потім обґрунтовується оптимальний узагальнений параметр (блок 2 рис. 2.1), який характеризує загальом функціонування ТТЗ.

Величина N_c потрібна потужність ТТЗ правомірно вважається таким параметром. В основному оптимальне значення його визначається по одному з критеріїв: мінімуму експлуатаційних витрат на одиницю обсягу роботи $C_e \rightarrow \min N_c$ максимуму компромісного продуктивності $W \rightarrow \max N_w$, коли значення N_c вибирається з діапазону потужностей N_c і N_w . Остаточний вибір того чи іншого критерію залежить від природно-виробничих умов та бюджету підприємства.

На основі аналізу складових балансів часу зміни $T_{зм}$ та годинних експлуатаційних витрат $C_{e\text{ год}}$ формуються математичні складові балансу часу зміни $T_{зм}$ цільової функції та $W = f(N)$ та $C_e = f(N)$.

За умовами $dW/dN = 0$ та $dC/dN = 0$ визначають відповідні значення оптимальних потужностей N_w та N_c . Тим самим встановлюється межа зміни потужності та надається можливість для ухвалення компромісного рішення.

При цьому слід враховувати, що в зоні ближче до N_c забезпечується ресурсозбереження, а при віддаленні N_c (в напрямку N_w) - підвищення продуктивності.

Важливо, що збільшення W можливе рахунок застосування ТТЗ більшої N , але це своє чергу вимагатиме збільшення витрат. Орієнтиром до ухвалення компромісного рішення у разі послужить експертна оцінка: збільшення фінансових витрат за 5...7% призводить до збільшення потужності на 12...17%.

За одним з вибраних значень N_C , N_W , або N_K підбирають марку шасі автомобіля.

Завершує моделювання підсистема пошуку оптимальних значень основних експлуатаційних параметрів адаптера (блок 3 рис. 2.1.). До таких параметрів відносять величини Q і V_r , B і V_p . Їх чисельні значення повинні забезпечувати енергозбереження під час руху дорогою і полем. При цьому швидкість руху з вантажем обмежується дорожніми умовами, а швидкість, за якої проводиться внесення V_p , обмежується агротехнічними вимогами щодо якості роботи.

Необхідно звернути увагу на те, що кожна підсистема при необхідності доповнюється сполученими (вступними) рішеннями (блок 4 на рис. 2.1), які уточнюють або деталізують зміни режимів роботи, балансу часу зміни та потужності ТТЗ. Основні з них: вибір способу руху по полю (коефіцієнт ϕ), обґрунтування необхідності та меж оперативної зміни ширини B розподілу технологічного матеріалу через варіювання U , Q , V_p , ϵ_p і реакції відокремлюваних технологічних мас на довжині робочого ходу по полю; дослідження можливості переміщення автомобіля з встановленими вантажопідйомністю та тиском повітря в шинах коліс, коли виключається переущільнення ґрунтів різної вологості, знижується вантажопереміщення (число проходів) по полю та досягається необхідний рівень якості роботи.

Такі на наш погляд коректні наукові передумови, що покращують оптимізацію, слід враховувати під час складання та опис математичної моделі.

2.2. Оптимізація технологічного циклу при прямоточному внесенні добрив

Внесення добрив – інтенсивний агротехнологічний прийом, спрямований на збереження родючості ґрунту та підвищення врожайності сільськогосподарських культур. Значну частку добрив, що застосовуються, становлять тверді мінеральні туки і органічні біоти. Вносять їх переважно при основній обробці ґрунту суцільним способом типовими тракторними (ТЗ), а

перспективі і автомобільними (АЗ) транспортно-технологічними засобами (ТТЗ).

Використання ТТЗ здійснюється за прямою схемою і включає поетапне виконання як основних нормотворчих робіт трьох видів: перевезення добрив (A_a) та їх переміщення (A_p) та розподіл (A_b) по полю, так і допоміжних робіт: повернення ТТЗ з поля та навантаження добрив.

Кожну з цих робіт та технологічний процес загалом загальноприйнято характеризувати даними про виробничі умови, експлуатаційні параметри та показники використання технічних засобів для заданих виробничих умов та технологічних вимог та обмежень.

Виробничі умови характеризуються відстанню перевезення добрив L_t , довжиною гону L , кутом схилу α , агрофоном поля, грунтою дороги та технологічними вимогами - заданою дозою внесення U . До параметрів ТТЗ відносять вантажомісткість Q , ширину захвату B , швидкість руху дорогою V_t і полем V_p . Результат застосування засобів оцінюють обробленою площею F , робочим шляхом по полю L_p , часом одиничного циклу робіт t_0 , продуктивністю W_e та іншими показниками, розглянутими нижче

З цих величин розраховують обсяги основних робіт за формулами з рис.

2.2.

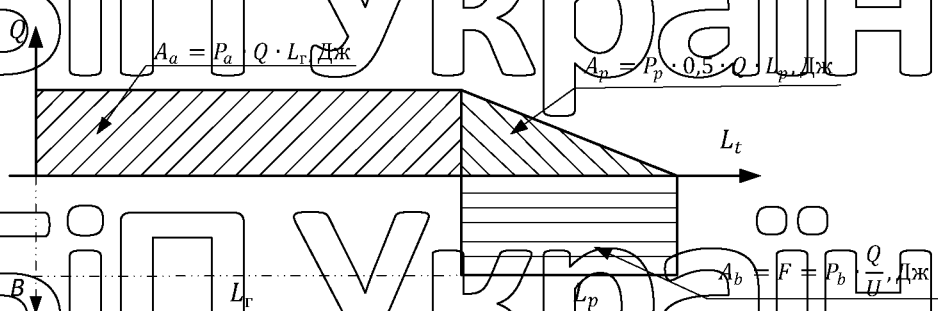


Рис. 2.2. Схема основних елементів технологічного циклу.

З порівняння обсягів встановлюють перевагу однієї з основних робіт та аналізують її вплив на результат технологічного процесу. Тим самим виявляють причини, що викликають можливі додаткові вантажопереміщення по полю (переуцільнення ґрунту), зниження продуктивності та підвищення

питомої (на одиницю роботи) витрат палива, а також інші фактори неефективного використання ТТЗ у конкретній виробничій ситуації.

Зіставлення видів робіт проводять на підставі результатів розрахунку співвідношень обсягів кожної із робіт між собою, а для оцінки їх пропорцій рекомендується визначати такі показники:

а) ступінь перевезення вантажопереміщень дорогою над переміщеннями вантажу по полю:

$$q_{ap} = \frac{A_a}{A_p} = 2L_r \cdot \frac{P_a}{P_p} \cdot L_p, \quad (2.1)$$

б) коефіцієнт пропорційності між переміщенням вантажу по полю та площею розподілу добрив по полю:

$$q_{pв} = \frac{A_p}{A_B} = 0,5 \cdot P_p \cdot L_p \cdot \frac{U}{P_B}, \quad (2.2)$$

в) індекс транспортно-технологічного процесу (співвідношення транспортної та польової робіт):

$$q_{ав} = \frac{A_a}{A_B} = P_a \cdot L_p \cdot \frac{U}{P_B}, \quad (2.3)$$

де P_a , P_p , P_B - питомі витрати енергії, постійні для конкретних умов робіт із заданим типом машин (Дж/кг·м, Дж/кг·м, Дж/м²), відповідно.

З порівняння рівнянь (2.1.), (2.2.) та (2.3.) випливає, що для будь-яких ТТЗ значення оцінних показників залежать від вихідних умов роботи (L_r , U), а також від показника L_p його чисельне значення визначається конкретною величиною U та співвідношеннями між Q і B_p за формулою

$$L_p = \frac{Q}{(B \cdot U)}, \quad (2.4)$$

Таким чином, для будь-яких (різної потужності) ТТЗ, що виконують процес у заданих умовах, оцінні показники будуть оптимальними тільки при забезпеченні раціонального співвідношення між Q і B_p , тобто $\left(\frac{Q}{B_p}\right) \rightarrow opt$ якими

б) при цьому не були власне значення Q і B_p .) Приймаючи важливість такої обставини, позначимо:

$$\frac{Q}{B_p} = \omega, \quad (2.5)$$

де ω – узагальнюючий технологічний показник, кг/м. За фізичним змістом ω – нитома (на одиницю ширини захоплення) вантажомісткість ТТЗ.

З урахуванням залежності $L_p = \frac{\omega}{\gamma}$ (після перетворення (2.4)), оцінки характеристики зіставлення обсягів робіт будуть виражені залежно від того, ω

як:

$$q_{ap} = 2 \cdot P_a \cdot L_p \cdot \frac{t_h}{P_p \cdot \omega^2} \quad (2.6.)$$

$$q_{pv} = P_v \cdot 0,5 \cdot \frac{\omega}{P_v} \quad (2.7.)$$

Із чого випливає, що з заданих L_p і U чисельні співвідношення робіт обумовлені значенням (2.5.). По ньому можна доводити раціональність співвідношення робіт і встановлювати ступінь перевезення однієї з робіт на функціональне призначення ТТЗ: переважно як транспортного чи польового засобу.

Класичний метод дослідження функцій на екстремум є найбільш доречним для цього випадку. Слідуючи йому, процес використання ТТЗ є математичну модель, на блок-схему якого впливають вхідні параметри: вихідні дані про зовнішні умови, експлуатаційні характеристики технічних засобів, цільова функція (критерій оптимальності), обмеження, а на виході з системи – оптимізований параметр і зворотні (Управляючі) зв'язки.

Основний етап підготовки моделі до дослідження – формулювання цільової функції. Так як параметр A_a «проявляється» при польовій роботі, а вона у свою чергу становить частину від робіт всього процесу, то критерії необхідно враховувати:

➤ обсяги по вантажопереміщенню ($A_p = P_p \cdot 0,5 \cdot L_p \cdot U$) на довжині одиничного робочого ходу L_p та по розподілу добрив за площею ($A_v = P_p \cdot \frac{Q}{U}$)

➤ прийняте нормування обсягів робіт у розмірності (Дж);

➤ зв'язку Q та V_p через ω баланс потужності для польових умов, відповідно до (2.5);

➤ кожен відрізок часу одиничного циклу робіт:

$$t_E = \sum_{i=1}^5 t_i, \text{ з} \quad (2.8.)$$

де t_1 - час очікування навантаження та інші імовірнісні простоти (становить до 25% від t_2);

t_2 - час навантаження добрив;

t_3 - час доставки вантажу на полі;

t_4 - час внесення добрив;

t_5 - час повернення з поля.

Відповідає таким вимогам цільова функція циклової продуктивності, що є

масою добрив, що вносяться за час одиничного циклу транспортно-польового

процесу:

$$W_e = \frac{Q}{t_E}, \text{ Кг/с} \quad (2.9.)$$

На наступних етапах формування моделі для оптимізації потрібно

висловити $Q, t_E = f(\omega)$.

Залежність $Q = f(\omega)$ приймається з балансу потужності засобу при роботі на полі у вигляді:

$$Q = \frac{N \cdot \xi_N / V_p}{g \cdot \varphi \cdot (1 + \delta) / (\eta_b \cdot \eta_M) + U \cdot e_n / (\omega \cdot \eta_B)}, \text{ КГ} \quad (2.10)$$

де N - експлуатаційна потужність засобу, Вт; N

ξ_N - Коефіцієнт використання потужності;

g - прискорення сили тяжкості, Н/кг;

φ - Коефіцієнт опору переміщенню,

$\delta = \frac{M_e}{Q}$ - відношення маси енергомашини (з причепом або кузовом) M_e до

вантажомісткості Q ;

e_n - питома (на одиницю подачі добрив) потужність на привід ВВП, КН·М/КГ

η_b, η_M, η_B - коефіцієнти, що враховують втрати потужності відповідно на

буксування, в трансмісії, на привід ВВП.

Рівняння (2.10) можна привести до вигляду:

$$Q = \frac{c_q}{a_Q + b_Q / \omega} \quad (2.11)$$

де $c_Q = N \cdot \xi_N / V_p H$, $\alpha_Q = \frac{g \cdot \varphi \cdot (1 + \delta)}{\eta_\delta \cdot \eta_M}$, Н/кг; $V_Q = \frac{U \cdot e_n}{\eta_B}$, Н/м. $\circ \circ$
 Залежність $t_e = f(\omega)$ виводиться з балансу часу одиничного циклу робіт
 (2.8) з урахуванням рівнянь $t_1 + t_2 = 1,25 \cdot \frac{Q}{W_n}$; $t_3 + t_5 = 2 \cdot \frac{L_\Gamma}{V_\Gamma}$; $t_4 = \frac{L_p}{V_p} + n_x \cdot$

$$t_{x1} = \frac{\omega}{(V_p \cdot U)} + \frac{\omega \cdot t_{x1}}{(U \cdot L)} = \frac{\omega \cdot t_{x1}}{(U \cdot L)} = \omega \cdot \left(\frac{1}{(V_p \cdot U)} + \frac{t_{x1}}{(U \cdot L)} \right),$$

де W_n - продуктивність навантажувача, кг/с;

n_x - кількість поворотів на полі за цикл;

t_{x1} - Час одного повороту, с;

$L_{x1} = t_{x1} \cdot V_\Gamma$ - умовний шлях ТТЗ по полю за час повороту ($t_{x1} = 15$, с) зі швидкістю V_Γ ($V_\Gamma = 16$ м/с для автомобіля та $V_\Gamma = 8$ м/с для трактора).

Після перетворення отримано залежність:

$$t_e = c_t + a_t \cdot b_t \cdot \omega, \text{ з} \quad (2.12.)$$

де $c_t = 1,25 \cdot Q / W_n$, с; $b_t = \frac{1}{V_p} \cdot U + \frac{t_{x1}}{U} \cdot L = \left(\frac{1}{V_p} \cdot U \right) \cdot U \left(1 + \frac{L_{x1}}{L} \right)$, с; $\alpha_t =$

$$2 \cdot \frac{L_\Gamma}{V_\Gamma}, \text{ см/кг.}$$

Заключний етап моделювання пов'язані з пошуком оптимального значення технологічного показника ω_0 . Спочатку слід подати критерій

оптимальності залежно від змінної ω , підставивши в цільову функцію (2.9) розгорнуті вирази (2.10) і (2.12), отримаємо:

$$W_e = \frac{c_Q \cdot (c_t + a_t + b_t \cdot \omega)}{a_Q + \frac{b_Q}{\omega}} \rightarrow \max \quad (2.13.)$$

З умови $\frac{dW_e}{d\omega} = 0$ (після диференціювання та рішення рівняння) отримано

оптимальне значення $\omega_0 = \left(\frac{a_t \cdot b_Q}{a_Q \cdot b_t} \right)^{0,5}$ а в розгорнутому вигляді:

$$\omega_0 = U \cdot \left(\frac{2 \cdot L_\Gamma \cdot e_n \cdot \eta_\delta \cdot \eta_M}{\varepsilon_V \cdot \left(1 + \frac{L_{x1}}{L} \right) \cdot g \cdot \varphi \cdot (1 + \delta) \cdot \eta_B} \right)^{0,5}, \text{ Кг/м} \quad (2.14.)$$

З аналізу рівняння випливає, що оптимальне значення ω_0 залежить від потужності, швидкісних режимів роботи ТТЗ і продуктивності навантажувача. Більшою мірою воно залежить від дози внесення, довжини транспортування

добрив та співвідношення швидкостей руху ТТЗ по дорозі та полю, а меншою мірою – від довжини гону та коефіцієнта опору переміщенню.

У формулі (2.14) представляє особливий інтерес співмножник у вигляді радикала з математичним виразом під ним. Позначимо його через L_{po} . З

порівняння формул $\omega_0 = U \cdot L_{po}$ і $\omega = \frac{Q}{B} = U \cdot L_p$ отримаємо вираз:

$$L_{po} = \frac{K_f/L_f}{\sqrt{(\epsilon_v \cdot \Phi)}}, \quad (2.15.)$$

По суті, воно позначає оптимальну довжину одиничного робочого ходу по полю, однакову для будь-яких однотипних марок ТТЗ, так як L_{po} не залежить від потужності засобу.

Розширити перелік інших поєднань L_r і U за яких ефективно використовувати ТТЗ з постійними Q та B можна на підставі екстраполяції табличних даних.

Ефект від застосування ТТЗ на полі, віддаленому на відстані L_r , але з ділянками, що вимагають різних U , досягається у разі, коли B підбирається для кожної U з умов $B_0 = \frac{Q}{\omega_0}$. Ця обставина підтверджує доцільність впровадження

механізму регулювання режимів та параметрів роботи органу, що розкидає. З його допомогою можна змінювати B до оптимального значення B_0 . Тим самим, наближаючи функціонування ТТЗ із змінною B_p у системі точного землеробства.

Насамкінець слід зазначити, що запропонований методологічний підхід до оптимізації узагальненого технологічного параметра ω - щільності вантажопереміщень по полю, дозволяє вибирати таке співвідношення між вантажомісткістю і шириною захоплення ТТЗ, при реалізації якого виключаються додаткові вантажопереміщення по полю, підвищення витрати палива, зниження продуктивності.

2.3. Дослідження впливу потужності ТТЗ на експлуатаційну

продуктивність

Застосування змінного технологічного обладнання – адаптерів на автомобілях с.-г. призначення – один із перспективних напрямів удосконалення транспортної системи у сільському господарстві [34]. Особливу актуальність це має для процесів, що відрізняються значними ресурсами і вантажопотоками, такими як внесення мінеральних добрив, меліорантів або хімікатів.

Ефективність використання транспортно-технологічного засобу для певних зовнішніх умов визначається співвідношенням конструкційних параметрів та режимів роботи. Вибір параметрів визначається ієрархією обраних критеріїв оптимальності, що забезпечують ресурсозбереження, якість виконання робіт та дотримання екологічних вимог.

Насправді прийнято оцінювати поточне використання ТТЗ основним економічним критерієм, він враховує мінімум експлуатаційних витрат $C_e \rightarrow \min$, грн./кг чи грн./кг·км. Як допоміжний критерій доцільно використовувати технологічний критерій – максимум продуктивності $W \rightarrow \max$ за годину експлуатаційного часу, при дотриманні якості робіт.

Залежно від пріоритетів під час виконання робіт часто використовують компромісне рішення, що у зоні, обмеженої критеріями $C_e \rightarrow \min$ і $W \rightarrow \max$.

Для технологічних операцій як узагальнений параметр використовують показник Π_0 – продуктивність за одиницю основного (чистого) часу у вигляді:

$$\Pi_0 = Q \cdot V_r, \quad (2.16)$$

Він прийнятний для узагальнення та оцінки безлічі типів технічних засобів, різної потужності та виконують великий перелік сільськогосподарських робіт.

Параметр (2.17) характеризує енергоємність процесу та визначає потужність (N), Вт, потрібну для виконання технологічної операції.

Між Π_0 потужністю і потужністю N має місце співвідношення:

$$N = \Pi_0 \cdot \frac{P_N}{\xi_r} \quad (2.17)$$

де P_v – питомі витрати на одиницю виконаної роботи, Дж/кг·м
 ξ_r – коефіцієнт використання номінальної потужності двигуна при транспортній фазі процесу. У середнє значення P_N цього етапу визначається експериментально.

Процес виконання транспортно-технологічної роботи складається з транспортної та польової складових. Виробничі умови для даного виду процесів характеризуються відстанню перевезення L_{tr} м, дозою розподілу технологічного матеріалу U , кг/м², розмірами полів та характеристиками агроландшафту.

Робочий хід L_p при польовій роботі дорівнює:

$$L_p = \frac{Q}{(B \cdot U)} = \frac{\omega}{U} M \quad (2.18.)$$

де ω – питома вантажомісткість технологічної ємності (кузова) адаптера, кг/м.

Після аналізу можна записати цільову формулу експлуатаційної продуктивності функції потужності у вигляді критерію:

$$W = K_{06} \cdot \Pi \cdot \tau = K_{06} \cdot \xi_r (hN - dN^2) / P_N \rightarrow \max, \quad (2.19.)$$

З цієї рівності за умовою $dW/dN = 0$ отримано формулу $N_W = \gamma/2$, за якою розраховується оптимальна потрібна потужність для критерію $W \rightarrow \max$.

Величина $\gamma = \frac{h}{d}$ встановлює верхню межу зміни потужності, коли зовнішні умови виробництва «сприяють» реалізації потужності N_W за

принципом: «результат дамо, а за ціною не постоїмо». Значення N_W служить лише орієнтиром для виробничника, що підтверджується великими чисельними значеннями потужності двигуна.

Зі статистичної обробки даних з дослідження однотипних засобів отримані величини, за якими у свою чергу були визначені $h = 0,626$ і $d = 0,000585$ 1/кВт.

Узагальнюючи викладене, слід зазначити, що розгорнуті вирази h та d дозволяють встановити вид узагальненого параметра і його оптимальне значення за критерієм $W \rightarrow \max$.

РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ

ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Характеристика об'єкта

При розробці технічного завдання на дослідний зразок конструктивні параметри автомобіля обґрунтовувалися з урахуванням новорозроблених та наведених вище агротехнічних вимог та сформульованих на їх базі основних технічних та технологічних вимог до автомобільного транспорту сільськогосподарського призначення. Крім того, технічні параметри дослідного зразка автомобіля повинні задовольняти вимоги Технічного регламенту щодо безпеки колісних транспортних засобів стосовно автомобілів класу N2G (автомобілі високої прохідності). В результаті було обґрунтовано такі технічні параметри та характеристики дослідного зразка автомобіля КрА3-5133Н2.

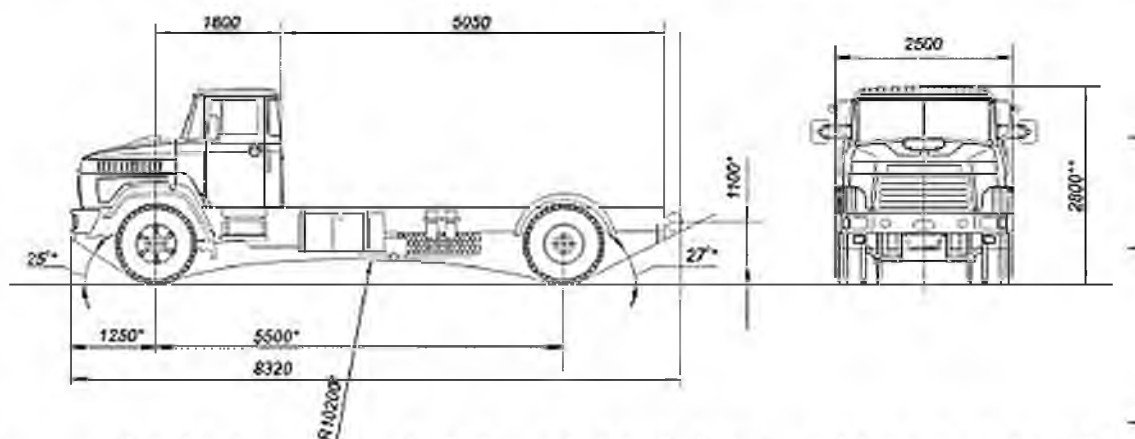


Рис. 3.1. Габаритна схема вантажного автомобіля КрА3-5133Н2.

На рисунку 3.1. показано габаритну схему автомобіля, а на рис. 3.2. – зовнішній вигляд дослідного шасі (Додаток А).



Рис. 3.2. Зовнішній вигляд дослідного шасі КрА3-5133Н2

Розрахункові дослідження дослідного зразка автомобіля КрА3-5133Н2 та

порівняльний аналіз із використовуваними у сільському господарстві автомобілями веліся за допомогою комп'ютерного програмного продукту MBK. Однією з важливих відмінностей цієї програми є заміна загальноприйнятих ефективних показників двигуна на індикаторні. Банк даних

MBK складається з автомобілів та автобусів повною масою від 0,5 до 555 тонн та колісною формулою тягача від 4x2 до 8x8. На сьогоднішній день у банку даних є понад п'ять тисяч об'єктів. Крім того, MBK дозволяє оцінювати та впливати на інші важливі властивості автотранспортних засобів: шум, знос, викиди шкідливих речовин, прохідність та ін. Іншими словами, оцінювалися властивості та ступінь досконалості автомобіля КрАЗ-5133Н2.

Для кожного об'єкта досліджень виконано розрахункові лабораторно-дорожні та експлуатаційні випробування.

Розрахункові лабораторно-дорожні випробування включали комплект характеристик. Серед них: витрати палива при встановлених режимах руху, розгони в заданому діапазоні швидкостей та тягові характеристики.

В результаті експлуатаційних випробувань визначено швидкість руху автомобіля за різними видами доріг на трьох маршрутах:

1. Дорога на середньо-горбистій місцевості (швидкісна дорога Автополігону - 2 кола завдовжки - 28,2 км). Дорожнє покриття - асфальт. Допустима швидкість 70 км/год. Автомобіль зазнавав повного навантаження.
2. Дорожня ґрунтова дорога довжиною 20 км з нахилами до 6%. Допустима швидкість 40 км/год. Випробування - з повним навантаженням.
3. Замкнений технологічний маршрут - 16,8 км: асфальт - 3,6 км, ґрунтова дорога - 3,8 км, поле - 2 км. Допустима швидкість на полі 8 км/год, на інших ділянках - 50 км/год.

Умови руху технологічним маршрутом: від бази автомобіль доїжджає до поля й у процесі руху ним плавно завантажується до 100%. Потім із повним навантаженням повертається на базу, де розвантажується.

3.2. Програма та методика випробувань

Аналіз результатів експериментальних досліджень. Випробування було проведено на відповідність результатів розробки вимог технічного завдання програмі-методиці, що застосовується в практиці роботи.

Попередні (заводські) випробування було проведено силами фахівців експериментального виробництва підприємства з участю конструкторських служб.

За результатами попередніх (заводських) випробувань можна зробити висновок, що дослідне шасі автомобіля КрАЗ-5133Н2 може бути використаний для агрегування зі змінними технологічними адаптерами сільськогосподарського призначення різної конструкції. При цьому використання пристосування гідравлічного відбору потужності переважно через зручність роботи оператора (водія).

3.3. Методика збору та обробки вихідної інформації для моделювання

Для розробки математичної моделі оптимізації параметрів транспортно-технологічного адаптера для внесення мінеральних добрив на базі шасі автомобіля сільськогосподарського призначення необхідна та узагальнена у вигляді залежностей інформація між виробничими умовами, конструкційними, техніко-економічними, експлуатаційними та вартісними параметрами для існуючих моделей робочих машин вантажних автомобілів.

Під час обробки масиву даних використовувалися сучасні методи кореляційного аналізу та математичної статистики у програмі Microsoft Excel.

Вихідні дані щодо існуючих моделей вантажних автомобілів представлені у вигляді електронної таблиці, відповідно до рисунка 3.3.

Табличні дані за допомогою розділу меню «Вставка→Графік» представляємо у вигляді графіка. Задаємо параметр лінії тренда у вигляді рівняння прямої. Виведення рівняння та його величини достовірності апроксимації на діаграмі здійснюємо через функцію «параметри лінії тренду».

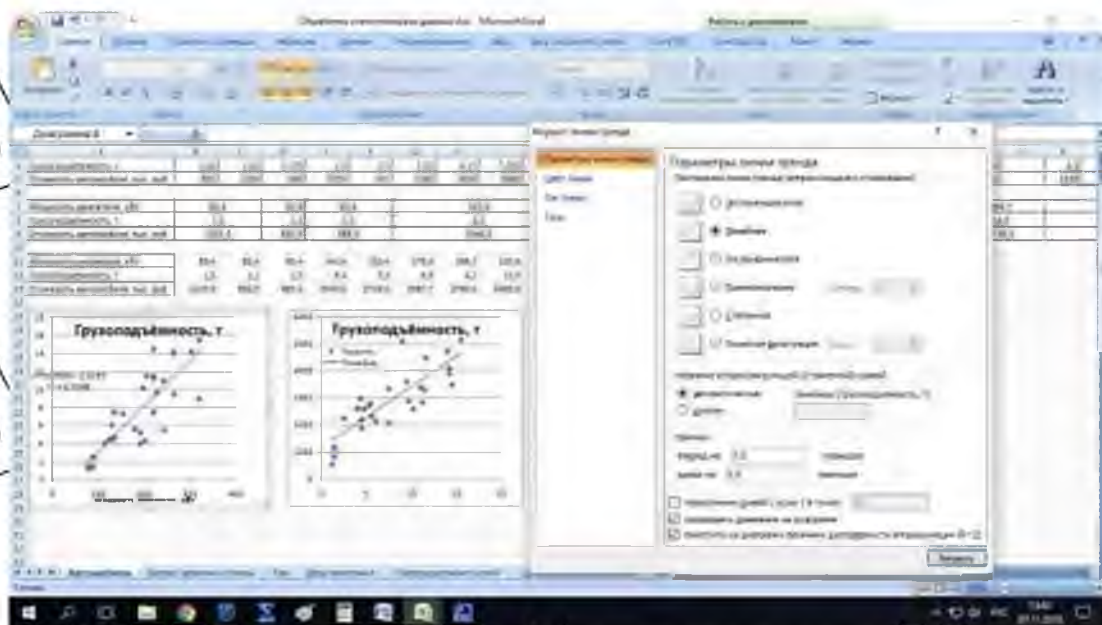


Рис. 3.3. Електронна таблиця за статистичними даними для вантажних автомобілів

Значимість ймовірнісного взаємозв'язку між аналізованими випадковими величинами здійснювалася за коефіцієнтом парної кореляції r_{xy} . Розрахункове значення r_{xy} порівнювалося з критичним значенням $r_{кр} = r_{\alpha, n-2}$ та приймався справедлива статистична гіпотеза.

Кореляційне рівняння великої осі еліпса розсіювання знаходимо за рівнянням:

$$\hat{y} = \bar{y} + r_{xy} \cdot S_y / S_x \cdot (x - \bar{x}) \quad (3.1)$$

де \bar{y} , \bar{x} - середні значення відповідно відгуку та чинного фактора;
 S_y , S_x - середнє квадратичне відхилення.

Для малої вибірки проводився регресійний аналіз. Розглянемо методу залежності статистичної обробки з прикладу тривалості щоденного технічного обслуговування від потужності двигуна, відповідно до рис. 3.4. Розрахунки проводилися за програмою «Поліноміальна регресія», написана в MathCAD (рис. 3.4.).

За методом найменших квадратів знаходимо коефіцієнти a та b рівняння прямої $y = a + bx$. Для графічного представлення результатів використовується графічний редактор MathCAD (рис. 3.4.).

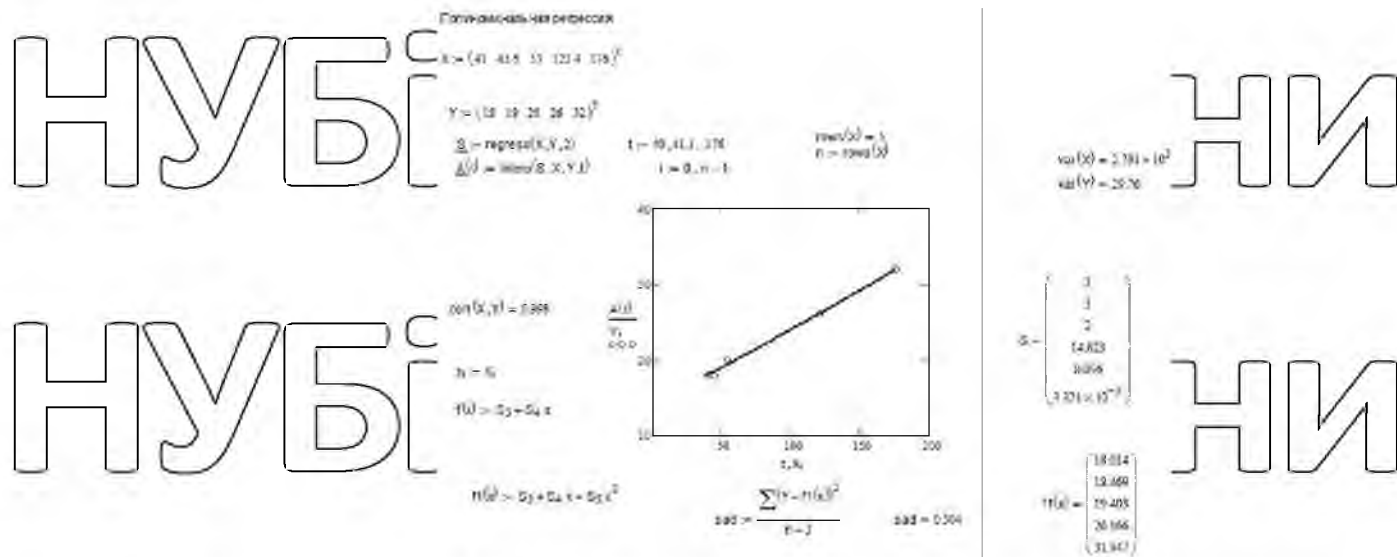


Рис. 3.4. Програма поліноміальної регресії

Для оцінки точності отриманого рівняння регресії $\hat{y}_i = a + bx$ визначаємо дисперсію адекватності:

$$S_{ad1}^2 = \frac{1}{f_{ad}} \sum (y_i - \hat{y}_i)^2, \quad (3.2.)$$

де y_i - фактичне значення відгуку;

\hat{y}_i - значення відгуку, підраховане за рівнянням;

f_{ad} - число ступенів свободи ($f_{ad} = N - d - 1$).

Потім апроксимуємо досвідчені дані рівнянням параболи $\hat{y}_2 = a + bx + cx^2$ і розраховуємо дисперсію адекватності S_{ad2}^2 . Отримані дисперсії порівнюємо за критерієм Фішера.

$$F_p = \frac{S_{ad1}^2}{S_{ad2}^2}, \quad (3.3.)$$

Отримане розрахункове значення критерію Фішера порівнюємо з критичним $F_{кр} = F_{\alpha, r_1, r_2}$ і робимо висновок про рівність дисперсій, що аналізуються.

Опис багатofакторних залежностей проводили за класичною схемою планування експерименту.

Результати багатofакторного експерименту обробляли стандартним дисперсійним аналізом.

Для імітаційного моделювання визначалася залежність $\tau = f(N; b; U)$ Область визначення факторів визначена з практичних міркувань з урахуванням

виробничих умов, агротехнічних вимог та енергетичних можливостей машин.

Для визначення залежності коефіцієнта використання часу зміни від потужності двигуна опрацьовано норми вироблення та витрати палива на механізованих роботах щодо внесення твердих мінеральних добрив.

Залежність коефіцієнта використання часу зміни від відстані перевезення мінеральних добрив, відповідно до рис. 3.5, має форму гіперболи виду $y = a +$

$\frac{b}{x}$. Для знаходження коефіцієнтів рівняння перетворимо вісь абсцис. Для цього прийємо $x' = \frac{1}{x}$ і тоді рівняння гіперболи набуде вигляду прямої $Y = a + b \cdot$

x' . Аналогічно представимо залежність часу зміни на внесенні мінеральних добрив у функції від потужності двигуна N та норми внесення U відповідно до рисунків 3.6, 3.7.

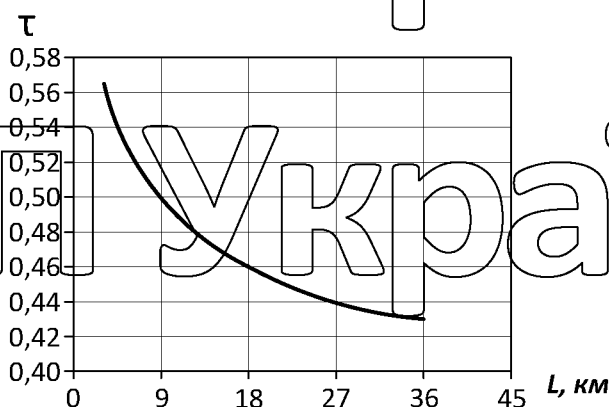


Рис. 3.5. Залежність коефіцієнта використання часу зміни від відстані перевезення мінеральних добрив

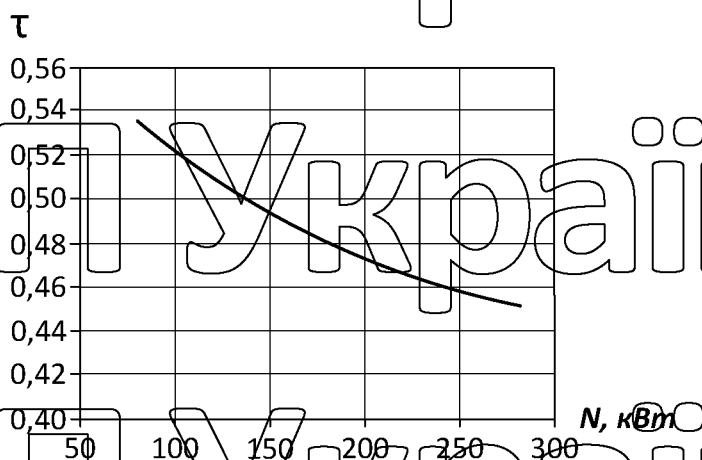


Рис. 3.6. Залежність коефіцієнта використання часу зміни від відстані перевезення мінеральних добрив

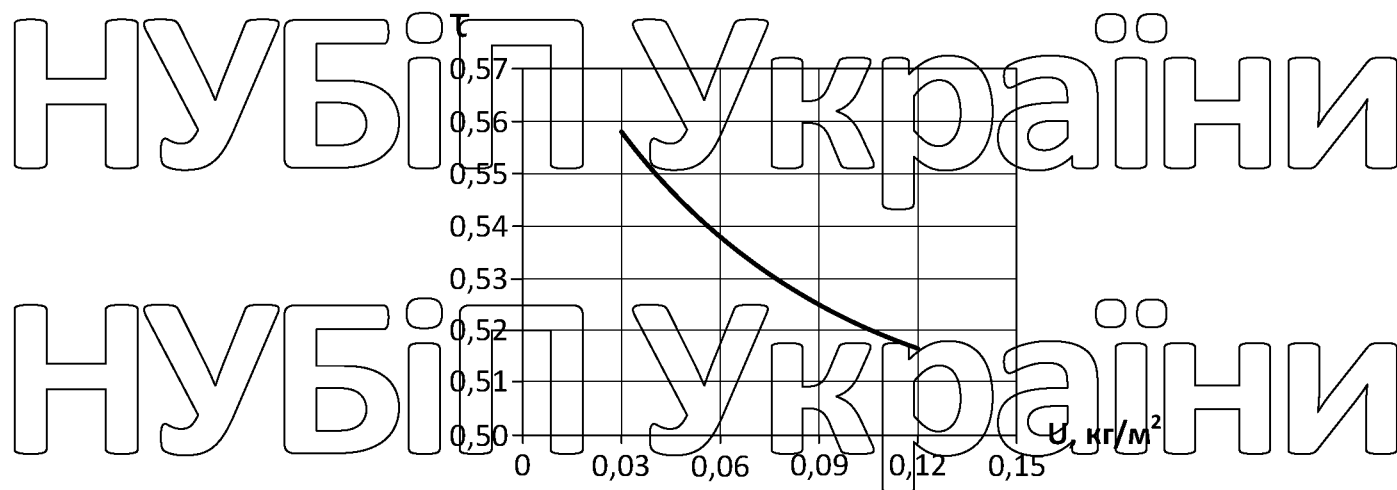


Рис. 3.7. Залежність коефіцієнта використання часу зміни від відстані

перевезення мінеральних добрив

Обробку лінеаризованих залежностей $\tau = f(N, L, U)$ проведемо за допомогою методів планування експерименту. Для цього задамося рівнями

варіювання факторів (табл. 3.1.) та відповідно до плану повного факторного експерименту (ПФЕ 2^3) (табл. 3.2.) проведемо статистичну обробку довідкових даних.

Для конкретної комбінації наведених вище показників залежності відповідно до рис. 3.8. будуть визначатися дією трьох факторів: $x_1 = \frac{1}{L}$; $x_2 = \frac{1}{N}$;

$$x_3 = \frac{1}{U}.$$

Таблиця 3.1

Рівні чинних факторів

Рівні	X_1	X_2	X_3
1 Верхній	$X_{1в}$	$X_{2в}$	$X_{3в}$
2 Нижній	$X_{1н}$	$X_{2н}$	$X_{3н}$
3 Основний	$X_{1о}$	$X_{2о}$	$X_{3о}$
4 Інтервал	$X_{1і}$	$X_{2і}$	$X_{3і}$

Відповідно до прийнятих рівнів варіювання за планом експерименту заповнюється план-матриця повного факторного експерименту 2^3 .

Рівні варіювання наведені у таблиці 3.2.

План повного факторного експерименту (ПФЕ 2^3) складено з урахуванням неоднорідного впливу факторів та рекомендацій.

Таблиця 3.2.

План-матриця повного факторного експерименту 2³

№ Дослід	0	0	0	0	y(τ)	y
	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃		
1	+	+	+	+		
2	+	+	+	+		
3	+	+	+	+		
4	+	+	+	+		
5	+	+	+	+		
6	+	-	-	-		
7	+	+	-	-		
8	+	-	-	-		

Значення факторів, що діють, представлені в кодованому вигляді і змінюються в інтервалі $[-1; +1]$. Коефіцієнт використання часу зміни $\tau =$

$f(x_1, x_2, x_3)$ розглянуто як лінійної форми. Перехід до кодованої форми фактора

здійснюється за формулою

$$x = \frac{(x_{it} - x_{i0})}{J_i} \quad (3.4.)$$

де x_{it} , та x_{i0} - відповідно значення поточного значення і основного рівня

i -го фактора в натуральному вигляді;

J_i - інтервал його варіювання.

Функція відгуку τ - коефіцієнт використання часу зміни, що розглядається в залежності від $x_1 = \frac{1}{L}$, $x_2 = \frac{1}{N}$, $x_3 = \frac{1}{U}$.

Реалізація плану експерименту проводилася відповідно до блоку планування (стовпці 3, 4, 5 табл. 3.2.).

Коефіцієнти регресійного рівняння:

$$\hat{y} = a_0^0 x_0 + a_1^0 x_1 + a_2^0 x_2 + a_3^0 x_3 \quad (3.5.)$$

визначалися методом найменших квадратів для ортогональної матриці за

формулою:

$$a_i = \frac{1}{N} \sum x_{ij} \cdot \tau_{ij} \quad (3.6.)$$

Підставляючи значення $a_0 = 0,54113$, $a_1 = 0,08538$, $a_2 = 0,01038$, $a_3 =$

0,02963 даних коефіцієнтів (3.5) отримаємо рівність

$$\tau = 0,54113 + 0,08538x_1^0 + 0,01038x_2^0 + 0,02963x_3^0 \quad (3.7)$$

за допомогою якого розраховуємо чисельні значення $\hat{\tau}$ визначення дисперсії адекватності отриманого рівняння:

$$S_{ad}^2 = \frac{1}{f_{ad}} \sum (y_i - \hat{y}_i)^2, \quad (3.8)$$

З розрахованого значення (3.8) робиться висновок про підтвердження чи спростування гіпотези про адекватність.

3.4. Методика імітаційного моделювання

Завданням оптимізації є знаходження екстремумів функції (критерій оптимізації) для заданих послідовностей виробничих умов та технологічних виносів.

На початковому етапі було визначено вихідні дані, властиві конкретному ТТЗ, показники, що характеризують процес внесення твердих мінеральних добрив, а також статистичні дані та введені в модель оптимізації відповідно до рис. 3.8.

Вид добрива	Внесок	Вартість
Urea	100	100
Ammonium sulfate	100	100
Superphosphate	100	100
...

Рис. 3.8. Вихідні дані для моделі оптимізації

У нашому випадку для знаходження оптимальних параметрів транспортно-технологічного агрегату на базі автомобіля сільськогосподарського призначення було написано програму для ПК.

Далі, використовуючи формули другого розділу, визначено значення параметрів, що характеризують процес оптимізації різних експлуатаційних варіацій (рис. 3.9).

Параметр	Значення	Одиниця	Тип
А	0,0000	1/год	Чисельний
А1	0,0000	1/год	Чисельний
А2	0,0000	1/год	Чисельний
А3	0,0000	1/год	Чисельний
А4	0,0000	1/год	Чисельний
А5	0,0000	1/год	Чисельний
А6	0,0000	1/год	Чисельний
А7	0,0000	1/год	Чисельний
А8	0,0000	1/год	Чисельний
А9	0,0000	1/год	Чисельний
А10	0,0000	1/год	Чисельний
А11	0,0000	1/год	Чисельний
А12	0,0000	1/год	Чисельний
А13	0,0000	1/год	Чисельний
А14	0,0000	1/год	Чисельний
А15	0,0000	1/год	Чисельний
А16	0,0000	1/год	Чисельний
А17	0,0000	1/год	Чисельний
А18	0,0000	1/год	Чисельний
А19	0,0000	1/год	Чисельний
А20	0,0000	1/год	Чисельний
А21	0,0000	1/год	Чисельний
А22	0,0000	1/год	Чисельний
А23	0,0000	1/год	Чисельний
А24	0,0000	1/год	Чисельний
А25	0,0000	1/год	Чисельний
А26	0,0000	1/год	Чисельний
А27	0,0000	1/год	Чисельний
А28	0,0000	1/год	Чисельний
А29	0,0000	1/год	Чисельний
А30	0,0000	1/год	Чисельний
А31	0,0000	1/год	Чисельний
А32	0,0000	1/год	Чисельний
А33	0,0000	1/год	Чисельний
А34	0,0000	1/год	Чисельний
А35	0,0000	1/год	Чисельний
А36	0,0000	1/год	Чисельний
А37	0,0000	1/год	Чисельний
А38	0,0000	1/год	Чисельний
А39	0,0000	1/год	Чисельний
А40	0,0000	1/год	Чисельний
А41	0,0000	1/год	Чисельний
А42	0,0000	1/год	Чисельний
А43	0,0000	1/год	Чисельний
А44	0,0000	1/год	Чисельний
А45	0,0000	1/год	Чисельний
А46	0,0000	1/год	Чисельний
А47	0,0000	1/год	Чисельний
А48	0,0000	1/год	Чисельний
А49	0,0000	1/год	Чисельний
А50	0,0000	1/год	Чисельний
А51	0,0000	1/год	Чисельний
А52	0,0000	1/год	Чисельний
А53	0,0000	1/год	Чисельний
А54	0,0000	1/год	Чисельний
А55	0,0000	1/год	Чисельний
А56	0,0000	1/год	Чисельний
А57	0,0000	1/год	Чисельний
А58	0,0000	1/год	Чисельний
А59	0,0000	1/год	Чисельний
А60	0,0000	1/год	Чисельний
А61	0,0000	1/год	Чисельний
А62	0,0000	1/год	Чисельний
А63	0,0000	1/год	Чисельний
А64	0,0000	1/год	Чисельний
А65	0,0000	1/год	Чисельний
А66	0,0000	1/год	Чисельний
А67	0,0000	1/год	Чисельний
А68	0,0000	1/год	Чисельний
А69	0,0000	1/год	Чисельний
А70	0,0000	1/год	Чисельний
А71	0,0000	1/год	Чисельний
А72	0,0000	1/год	Чисельний
А73	0,0000	1/год	Чисельний
А74	0,0000	1/год	Чисельний
А75	0,0000	1/год	Чисельний
А76	0,0000	1/год	Чисельний
А77	0,0000	1/год	Чисельний
А78	0,0000	1/год	Чисельний
А79	0,0000	1/год	Чисельний
А80	0,0000	1/год	Чисельний
А81	0,0000	1/год	Чисельний
А82	0,0000	1/год	Чисельний
А83	0,0000	1/год	Чисельний
А84	0,0000	1/год	Чисельний
А85	0,0000	1/год	Чисельний
А86	0,0000	1/год	Чисельний
А87	0,0000	1/год	Чисельний
А88	0,0000	1/год	Чисельний
А89	0,0000	1/год	Чисельний
А90	0,0000	1/год	Чисельний
А91	0,0000	1/год	Чисельний
А92	0,0000	1/год	Чисельний
А93	0,0000	1/год	Чисельний
А94	0,0000	1/год	Чисельний
А95	0,0000	1/год	Чисельний
А96	0,0000	1/год	Чисельний
А97	0,0000	1/год	Чисельний
А98	0,0000	1/год	Чисельний
А99	0,0000	1/год	Чисельний
А100	0,0000	1/год	Чисельний

Рис. 3.9. Значення параметрів оптимізації

З урахуванням арифметичних алгоритмів розділу 2, закладених у програму, розраховуються (в автоматичному режимі) коефіцієнти використання часу зміни, що є основною експлуатаційною характеристикою (рис. 3.10.). З урахуванням коефіцієнтів використання часу зміни розраховуються експлуатаційні продуктивності для різних поєднань виробничих умов. Також визначено оптимальні потужності двигуна абстрактного транспортно-технологічного засобу для реалізації критеріїв оптимізації по максимуму продуктивності та мінімуму витрат.

Визначено економічні показники виробничого процесу під час експлуатації транспортно-технологічного засобу (рис. 3.11.).

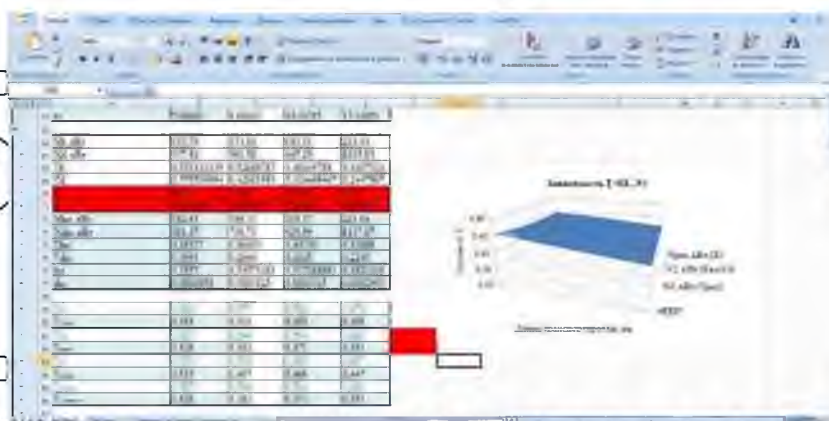


Рис. 3.10. Значення коефіцієнтів використання часу зміни від довжини транспортування та дози внесення

За допомогою написаної комп'ютерної програми було реалізовано весь спектр поєднань виробничих умов з мінімальними витратами часу. Це дозволило в залежності від виробничих умов визначити оптимальні експлуатаційні параметри агрегату.

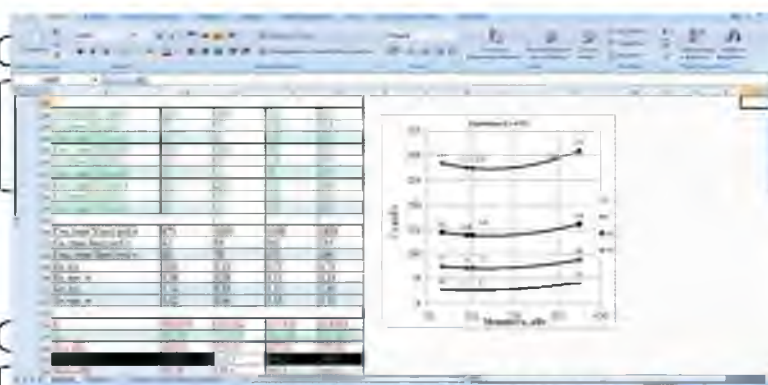


Рис. 3.11. Знаходження екстремумів оптимальних потужностей за критерієм мінімум витрат

Використання запропонованих алгоритмів дозволило обґрунтувати параметри транспортно-технологічних засобів для внесення мінеральних добрив на базі автомобіля, було визначено оптимальні виробничі умови експлуатації для цих засобів, які відображені у 4 розділі магістерської кваліфікаційної роботи.

3.5. Методика пошуку компромісного рішення

Дослідженнями встановлено, що для кожного поєднання агроландшафтних та виробничих умов функція наведених від потужності витрат має екстремум. У тому випадку, коли оптимальна потужність з урахуванням критерію мінімуму витрат не задовольняє вимогам для реалізації виробничого процесу (поєднання виробничих умов) та утворюються ризики втрати врожаю, затягування строків або якщо є обмеження за трудовими ресурсами, пропонується вишукувати резерви у підвищенні продуктивності за рахунок компромісного рішення.

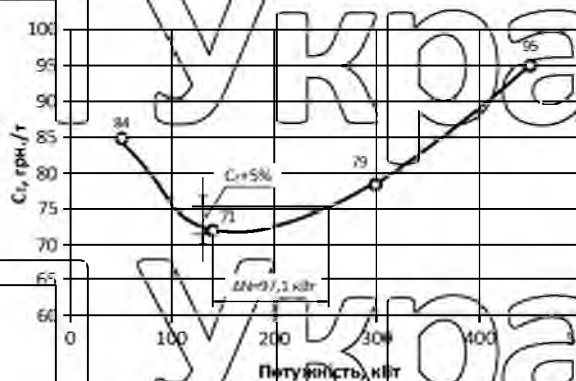


Рис. 3.12. Схема компромісного рішення

Схема для пошуку компромісної потужності представлена відповідно до рис. 3.12. Аналіз графіка функціональної залежності наведених витрат від потужності двигуна показав, що осмислене незначне збільшення наведених витрат здатне реалізувати застосування засобів механізації з більшою потужністю, як наслідок - підвищити продуктивність.

Відповідно до прийнятої методики нормування польових робіт, різницю у групах за нормами виробітку приймають рівною 12,5%.

З урахуванням точності інженерних розрахунків та кордонів припустимої помилки, нами пропонується проводити збільшення витрат на 5 відсотків.

У зв'язку з цим, доцільно визначення компромісного рішення на початковому етапі збільшувати витрати на 5%. З огляду на це знаходимо значення компромісної потужності з наступним визначенням продуктивності транспортно-технологічного засобу.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 4 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

4.1. Аналіз транспортних процесів у ПП «АГРОТЕМП ПЛЮС», Ямпільського району Вінницької області

За даними аналізу номенклатури вантажів, що перевозяться до ПП «АГРОТЕМП ПЛЮС» при організації сільськогосподарських процесів, слід зазначити їхню велику різноманітність, перевозяться 165 видів вантажів, у тому числі будівельних.

Для аналізу транспортних процесів було проведено угруповання вантажів, переважно за призначенням, яке подано в таблиці 4.1.

При здійсненні транспортних робіт у сільськогосподарському виробництві основними особливостями є: сезонний характер (рис. 4.1), що викликає необхідність залучати транспорт з інших галузей, а також особливою є те, що перевозяться дуже багато вантажів з малою об'ємною масою.

Характер перевезення вантажів по місяцях є важливою частиною аналізу транспортних процесів, що дозволяє судити у тому, які обсяги й у які терміни проводиться транспортування вантажів.

Даний графік дозволяє визначити піки та оцінити пайову складову масу вантажу по місяцях.

Аналіз графіка коефіцієнта сезонності показує, що його значення спостерігається у вересні, як тракторного транспортного агрегату, так автомобільного транспорту. У цілому нині простежується паралельне зміни коефіцієнта сезонності за видами транспорту.

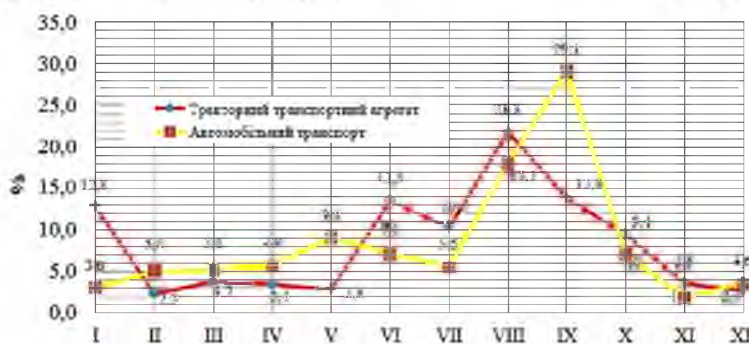


Рис. 4.1. Характер перевезення вантажів по місяцях

Актуальний при аналізі транспортних процесів та показник коефіцієнта сезонності.

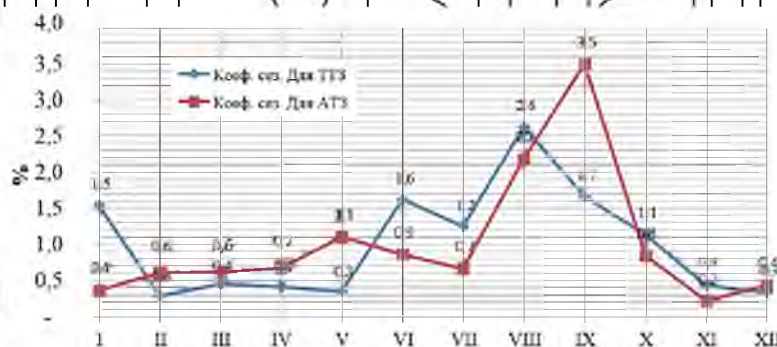


Рис. 4.2. Показники коефіцієнта сезонності за видом транспорту

З урахуванням класифікації вантажів, був згрупований матеріал, що транспортується таким чином, щоб вже при аналізі транспортних процесів можна було зрозуміти і сформулювати обґрунтовані вимоги до транспортних і транспортно-технологічних засобів.

При аналізі транспортних процесів у ПП «АГРОТЕМП ПЛЮС» в основу угруповання перевозимих вантажів, лягли: фізико-механічні властивості та призначення вантажів. Весь вантажообіг у господарстві здійснюється через електронні ваги. Господарство веде облік перевезених вантажів з використанням бази даних Microsoft Access. Вантаж, що проходить через вагову, присвоюється умовний код для спрощеної роботи з базою даних.

Аналіз діаграм дозволить розподілити зусилля для вирішення проблем, які виникають, і виявити основні причини, з яких потрібно починати діяти. Метод аналізу «Парето» полягає у класифікації проблем якості на нечисленні, але суттєво важливі та численні, але несуттєві. Він дозволяє розподілити зусилля і встановити основні фактори, з яких потрібно починати діяти з метою подолання проблем, що виникають.

Пайова складова групи вантажів наступна: 37% від загальної маси склали корми, 24,2% коренеклубнеплоди, що використовуються на корм худобі, 16,2% органічні добрива, як результат відходів життєдіяльності господарства. Групи вантажів розташувалися в логічній послідовності з огляду на спрямованість господарства.

Для здійснення транспортних перевезень у господарстві використовується два види транспорту: тракторний та автомобільний.



Рис.4.3. Частка груп вантажів на 2022 р. у господарстві

1 - корми, 2 - коренебульбоплоди; 3 - органічні добрива; 4 - зернові; 5 - кормові добавки, комбікорми, 6 - мінеральні добрива, 7 - різне, 8 - відходи м'ясовиробництва, 9 - насіннєвий матеріал.

Частка перевезень вантажів за видом транспорту становить 58,6% та 41,4% відповідно.

Важливим аспектом при організації вантажоперевезень, безумовно, є вибір засобу для транспортування вантажів, яку на вигляд так і по марках.

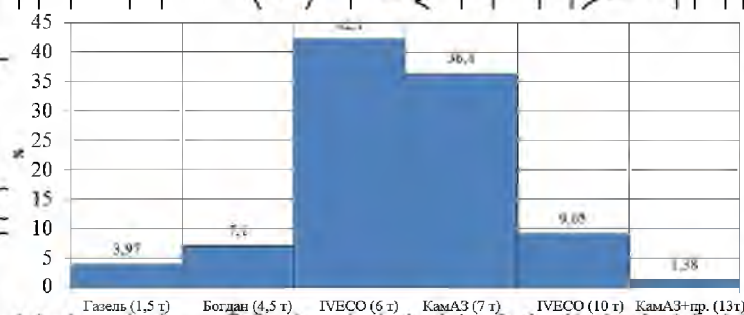


Рис. 4.4. Частка транспортних перевезень між автомобілями

На транспортних процесах з-поміж автомобільного транспорту (за маркою), найбільший обсяг отримав автомобіль КамАЗ, на його частку припадає до 42% всіх перевезень господарства. Хоча цей автомобіль не є сучасним, до того ж не задовольняє вимогам до транспортних засобів сільськогосподарського призначення.

Експлуатація такого автомобіля вимагає від господарства додаткових капіталовкладень, за рахунок високих експлуатаційних витрат, негативно впливаючи зрештою на собівартість кінцевої продукції та ефективність транспортних процесів.

Розподіл обсягів вантажоперевезень тракторним транспортним агрегатом показано рис. 4.5., з деталізацією по діапазону 8-10 т, представленої рис. 4.6.

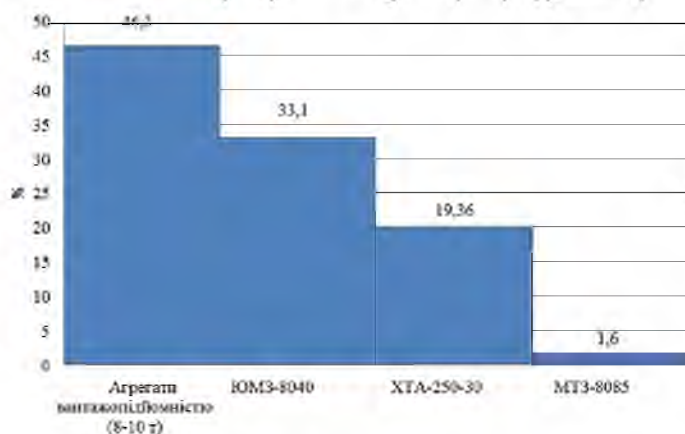


Рис. 4.5. Розподіл перевезень між тракторними транспортними агрегатами

Аналіз рис. 4.5 показує, що з транспортуванні 46,3% вантажів, які перевозяться тракторними агрегатами, використовуються причепи вантажопідйомністю від 8 до 10 т.

У зв'язку з тим, що тракторні агрегати даної вантажопідйомності не однакові, а саме складаються з різних марок тракторів та причепів, доречно детально розглянути частку перевезення того чи іншого вантажу у межах свого діапазону вантажопідйомності. (рис. 4.6.)

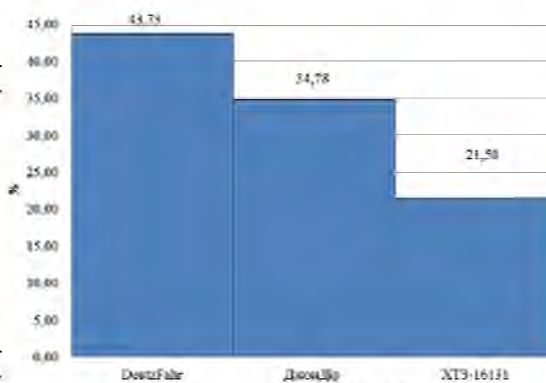


Рис. 4.6. Частка перевезень між тракторним транспортом вантажопідйомністю 8-10 т

З лінійки тракторів, що експлуатуються господарством, найбільшого поширення при транспортуванні вантажів набув трактор DeutzFahr (43,73%), John Deere - 34,78%.

Невід'ємною частиною виробництва рослинництва є внесення

мінеральних добрив. Протягом року у господарстві перевозиться близько 2,4 млн. т. мінеральних добрив.

Організована ця технологічна операція в такий спосіб. Мінеральні добрива привозять від залізничних платформ і розміщують на складі, потім при необхідності у встановлений період з певною дозою, і на задалегідь вибраних ділянках проводиться суттєвий розподіл гранульованих твердих мінеральних добрив.

При транспортуванні мінеральних добрив спостерігається переважання тракторів (60,3%) щодо автомобілів (30,7%).

Слід зазначити, що автомобілі використовуються лише на транспортуванні

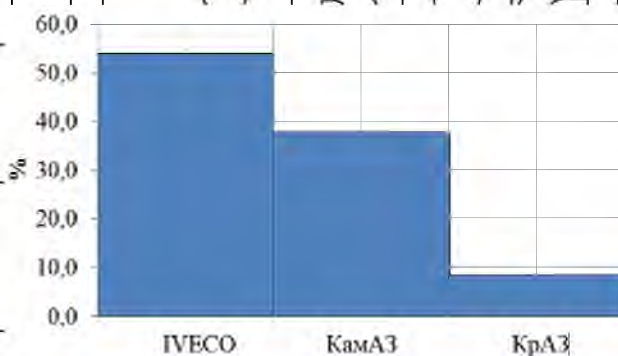


Рис. 4.7. Розподіл по марках автомобілів під час транспортування добрив

З діаграми видно, що більшість транспортованих автомобілями мінеральних добрив здійснюють автомобілі марки IVECO.

У господарстві використовується прямоточна технологія внесення мінеральних добрив, для цього процесу застосовуються тракторні транспортно-технологічні агрегати. Їх пайову участь у цьому процесі зображено рис. 4.8.

Після завантаження добрив до розкидачів вони відсувають на місця розподілу добрив по полю. Залежно від сівозміни відстані від складу до поля постійно змінюються. У зв'язку з цим необхідно умовно розділити всі поля господарства на групи, залежно від видалення їх складу, відповідно до рис. 4.8.

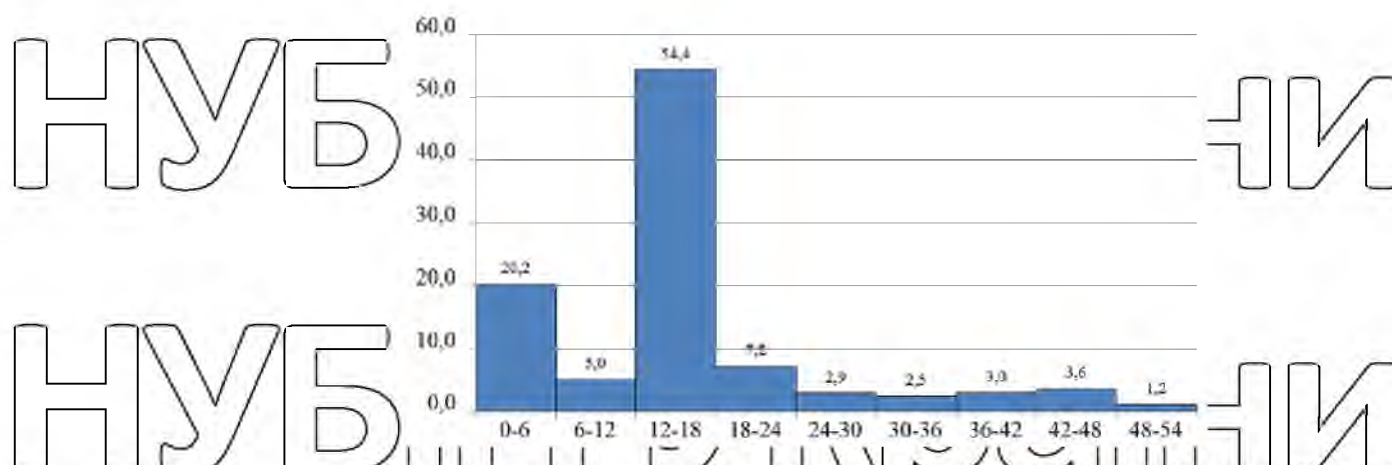


Рис. 4.8. Розподіл відстаней транспортування при внесенні

Згідно з діаграмою встановлено, що 54,5% полів, на які вносять мінеральні добрива, знаходяться від 12 до 18 км від складу.

У ПП «АГРОТЕМП ПЛЮС» 2660 га становлять посівні площі. Тверді гранульовані мінеральні добрива вносяться на 49,8% посівної площі.

Розподіл полів за площею наступні, відповідно до рис. 4.9.

З рис. 4.8 видно, що 59,1% полів у господарстві перебувають у діапазоні від 50 до 100 га.

Доза внесення варіюється від 100 до 370 кг/га. Розподіл пайової складової по дозі внесення представлено рис. 4.9.

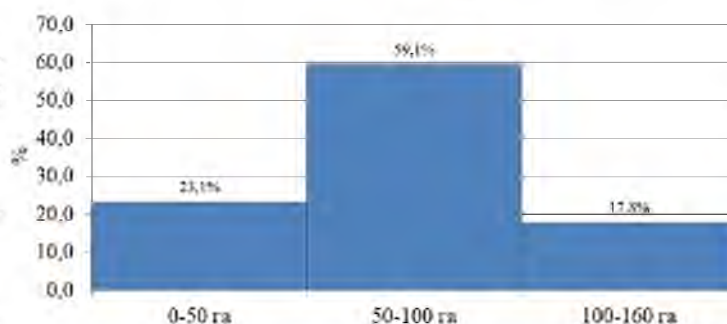


Рис. 4.9. Розподіл полів за площею

Аналіз транспортних процесів дозволяє зрозуміти специфіку вантажопереміщення у господарстві протягом року. Встановити експлуатаційне оснащення під час реалізації транспортування вантажів та його пайову участь, і навіть пікові періоди, тобто тимчасовий проміжок на якому спостерігається екстремум по масі вантажу, які перевозяться, по всіх групах.

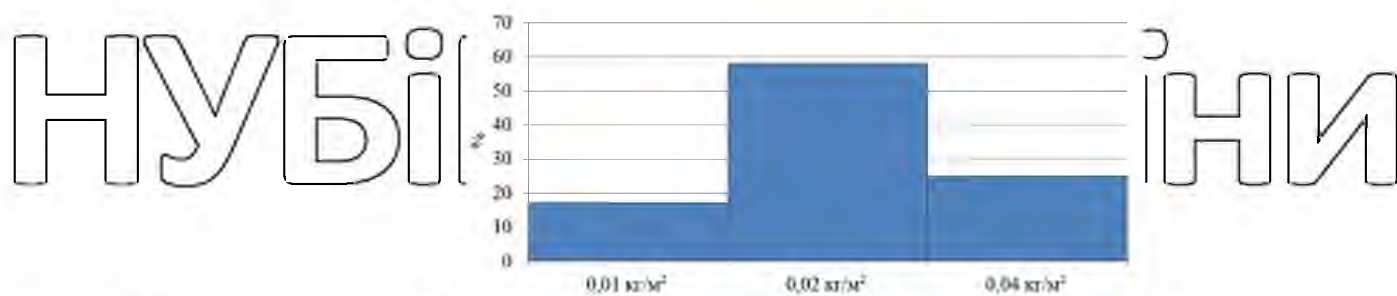


Рис. 4.10. Розподіл по дозі внесення

Поруч із аналізом, який показує умови, у яких відбувається транспортно-технологічний процес внесення (розподілу) твердих мінеральних добрив.

4.2. Узагальнені дані щодо вихідної інформації, необхідної для оптимізації

Процеси внесення мінеральних добрив у системі агротехнологій для рослинництва. Застосування у технологічних схемах транспортно-технологічних засобів (ТТЗ) зі змінними технологічними адаптерами дозволяє знизити завантаження мобільних енергетичних засобів (МЄЗ) у ликові періоди та зменшити витрати на утримання та експлуатацію машинно-тракторного парку. Використання змінних адаптерів, якими комплектується транспортний засіб з урахуванням вимоги господарства, забезпечує їх експлуатацію протягом усього року та дозволить знизити економічні витрати виробництва за рахунок більшого річного завантаження.

Технологія вирощування сільськогосподарських культур – науково обґрунтований для конкретних ґрунтово-кліматичних умов перелік операцій або робіт з вирощування кожної сільськогосподарської культури – від підготовки насіння та ґрунту до збирання врожаю та закладання його на зберігання. Вона сформується як технологічних карт, які у загальному випадку містять: повний перелік всіх робіт з обробітку сільськогосподарської культури, основні агротехнічні вимоги, включаючи терміни виконання кожної операції; склади ефективних машинно-тракторних та інших агрегатів; чисельність обслуговуючого персоналу; продуктивність агрегатів та експлуатаційні витрати та ін.

Розроблено та затверджено реєстр базових технологій обробки сільськогосподарських культур з урахуванням ґрунтово-кліматичних та виробничих умов кожної зони для господарств з різним економічним потенціалом. Виділено три групи технологій: високі, інтенсивні та нормальні.

Операційні технології для відповідних видів польових механізованих робіт у заданих умовах (довжина гону, площа поля, врожайність та ін.) повинні містити обґрунтовані рекомендації щодо агротехнічних вимог, що висуваються до якості виконання цієї операції; підготовки агрегатів до роботи та поля; організації роботи агрегатів; контролю за якістю роботи; охорони праці та природи.

Для компенсації речовин, що виносяться як культурними, так і бур'янами з ґрунту, найбільш ефективними є мінеральні добрива. Порушення технологій внесення мінеральних гранульованих добрив спричинені переважно браком коштів у господарствах для купівлі добрив, сучасної спеціалізованої техніки.

Хімічна промисловість виготовляє близько 20 видів мінеральних добрив. При тривалому зберіганні мінеральні добрива злежуються мимовільно в мішках, навіщо перед внесенням їх потрібно розтарити і подрібнити. При цьому розмір часток не повинен перевищувати 3 мм. Для подрібнення добрив використовують навісні подрібнювачі типу ІСУ-4, АІР-20. Для завантаження добрив у бункер подрібнювача використовують різні навантажувачі. Залежно від балансу поживних речовин у ґрунті та потреби рослин змішують різні види добрив у заданому співвідношенні.

При внесенні твердих мінеральних добрив особливу увагу приділяють правильній організації та повній механізації робіт, дотриманню термінів, доз та рівномірності внесення добрив. У технологіях обробки застосовують дробове внесення добрив: основне, передпосівне та у вигляді підживлення.

Основну дозу добрив вносять під час підготовки ґрунту до посіву. При цьому застосовують суцільне поверхнєве внесення. Цим способом вносять понад 2/3 добрива. Він більш трудомісткий, оскільки за термінами збігається з основним обробком ґрунту, коли обмежується час виконання і кількість її

виконавці.

Залежно від наявності машин, відстані доставки добрив до поля, дози внесення та інших факторів використовують прямоточну або перевалочну технологічну схему роботи ТТЗ.

Невід'ємною частиною при розробці операційної технології внесення добрив є статистичні дані, у визначенні яких використовувалася реєстр технологій виробництва продукції рослинництва (система технологій).

Аналіз даної таблиці встановив, що середня норма внесення при реалізації інтенсивної технології на сівозміну становить гранульованих мінеральних добрив 0,45 т/га. Цей обсяг добрив повністю лягає на транспортну логістику підприємства.

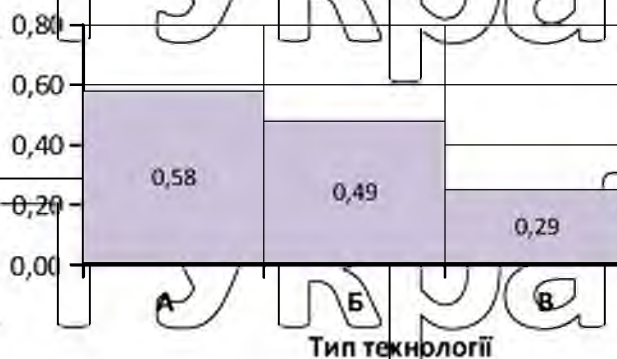


Рис. 4.11. Середня доза внесення мінеральних добрив

Технологічний процес поверхневого внесення мінеральних добрив включає завантаження добрив зі складів (вагонів) в транспортні засоби, перевезення їх до поля і розподіл їх по поверхні з подальшим закладенням у ґрунт. Усі роботи з внесення мінеральних добрив у ґрунт виконуються комплексом машин, що складається з навантажувачів, транспортних засобів та машин для внесення добрив.

Для навантаження незатарених добрив у транспортні засоби зі складів та вагонів застосовуються самохідні навантажувачі МВС-3М, стрічкові конвеєри ЛТ-10 або ЛТ-6 та грейферні навантажувачі ПМГ-0,2. Навантаження незатарених добрив із відкритих майданчиків проводиться навантажувачами ПШ-0,4, ПГ-0,5Д, Е-153А, ПЕ-0,8 та Д-452.

Добрива в мішках вантажаться електронавантажувачами 4004А та

стрічковими транспортерами КЛП-400-5, ПКС-80.

Мінеральні добрива перевозять автосамоскидами, борговими машинами, а також спеціалізованими автомобільними завантажувачами.

4.3. Оптимізація потужності за критерієм максимум продуктивності,

результати

Оптимізація транспортно-технологічних параметрів обумовлена двофазністю робіт, а саме транспортною та польовою складовою, що

ускладнює процес пошуку оптимального рішення. Методики, що дозволяє

акцентувати, на той чи інший вид робіт нині немає. У зв'язку з цим становить практичний інтерес обґрунтування питомої вартіжності

Для оперативних розрахунків моделі оптимізації параметрів агрегату було написано програму на платформі Microsoft Excel. Дана програма

дозволила провести експлуатаційну імітацію математичної моделі для різних

виробничо-кліматичних умов з визначенням оптимальних параметрів даної моделі та встановити межі ефективності застосування реального транспортно-технологічного агрегату на базі автомобіля (КрАЗ-5133Н2) при внесенні

твердих гранульованих мінеральних добрив.

Дослідженням встановлено, що коефіцієнт μ , що характеризує умови виробництва та технологічні особливості конструкції адаптера, залежить від виробничих умов, таких як L_T (довжини транспортування) та U (دوزи внесення),

в такому випадку логічно представити даний параметр μ у функції від L_T варіювання норм внесення мінеральних добрив (рис. 4.12, 4.13, 4.14.).

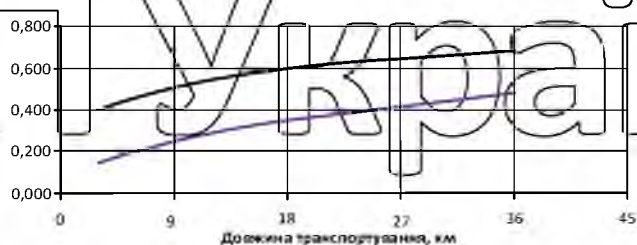


Рис. 4.12. Залежність параметра μ від довжини гону L_T за $U = 0,03 \text{ кг/м}^2$



Рис. 4.13. Залежність параметра μ від довжини гону L_T за $U = 0,06 \text{ кг/м}^2$



Рис. 4.14. Залежність параметра μ від довжини гону L_T за $U = 0,12 \text{ кг/м}^2$

При аналізі графіків видно, що це коефіцієнт нашого ТТЗ, має постійне значення ω , залишається незмінним при різних нормах внесення мінеральних добрив. Однак, для досягнення максимальних експлуатаційних показників він повинен змінюватись, особливо при великих дозах внесення. Враховуючи той фактор, що за узагальнений параметр прийнята потужність двигуна, а критеріями оптимальності є економічні та експлуатаційні показники, необхідно уявити складові формули функції від потужності.

Для порівняння, а також підтвердження правильності введення параметра – узагальнюючий технологічний показник, графічна залежність вищезгаданих коефіцієнтів наводиться паралельно і для оптимальної питомої вантажомісткості.

Для коефіцієнта c немає функціональної залежності від потужності та виробничих умов.

Чиста продуктивність функціонально залежить від потужності двигуна, а практичний інтерес представляє експлуатаційна продуктивність, що відрізняється на величину τ (коефіцієнт використання часу зміни).

У зв'язку з тим, що при реалізації внесення мінеральних добрив промисловість пропонує ТТЗ із потужностями від 80 до 190 кВт, зроблено спрощення формули знаходження τ .

В результаті апроксимації отримано формулу $\tau = h - d \cdot L_{\Gamma}$

Для визначення даного коефіцієнта моделлю пропонується формула, до складу якої входять дві складові h і d представлені у функції з L_{Γ} різними нормами внесення. (рис. 4.15., 4.16., 4.17.).



Рис. 4.15. Залежність параметра h від довжини гону L_{Γ} за $U = 0,03 \text{ кг/м}^2$



Рис. 4.16. Залежність параметра h від довжини гону L_{Γ} за $U = 0,06 \text{ кг/м}^2$



Рис. 4.17. Залежність параметра h від довжини гону L_{Γ} за $U = 0,12 \text{ кг/м}^2$

З графіків видно, що параметр h трохи знижується з збільшенням довжини транспортування, а при збільшенні дози внесення прями з ω_0 і без ω_0 схожі між собою.

Графічні залежності $\tau = f(L_{\Gamma})$ при потужностях $N_1 = 83 \text{ кВт}$, $N_0 = 140 \text{ кВт}$, $N_2 = 154 \text{ кВт}$ ілюструються малюнками за норм внесення від $0,03$ до $0,12 \text{ кг/м}^2$.

З графіка видно, що досягнення максимальної продуктивності потрібні великі потужності, які практично складно реалізувати. Розробка такої машини (трактора) призведе до збільшення експлуатаційної, а отже і повної маси агрегату для внесення мінеральних добрив, що в свою чергу негативно позначиться на екології, і призведе до надмірного ущільнення ґрунту.

Агрегати з такими показниками потужності програватимуть в області кінематики.

Враховуючи всі складові балансу часу, зміни та виробничі умови, конструктивні та техніко-економічні параметри використовуваного засобу визначаємо продуктивність транспортно-технологічного агрегату

Графічна залежність $W = f(L_T)$ за оптимальної потужності за критерієм мінімум витрат з урахуванням різних доз внесення мінеральних добрив представлена рис. 4.18а, 4.18б, 4.18в.

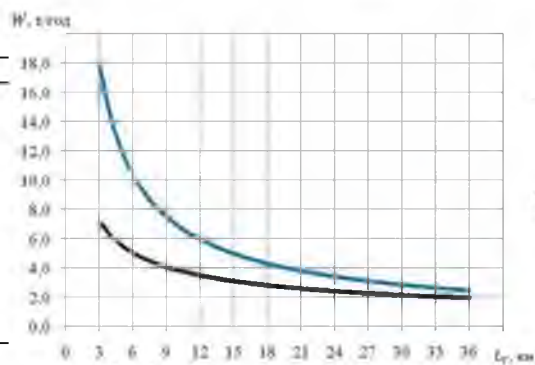


Рис. 4.18.а Залежність параметра W від L_T при $U = 0,03$, $N_c \rightarrow \min$ кг/м²

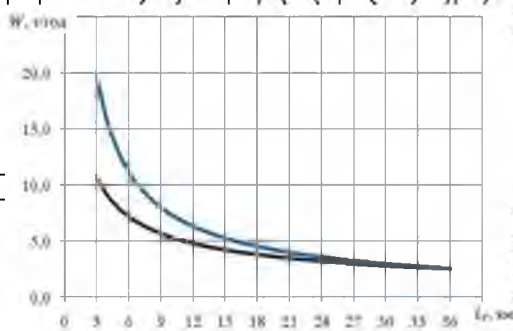


Рис. 4.18.б Залежність параметра W від L_T при $U = 0,06$, $N \rightarrow \min$ кг/м²

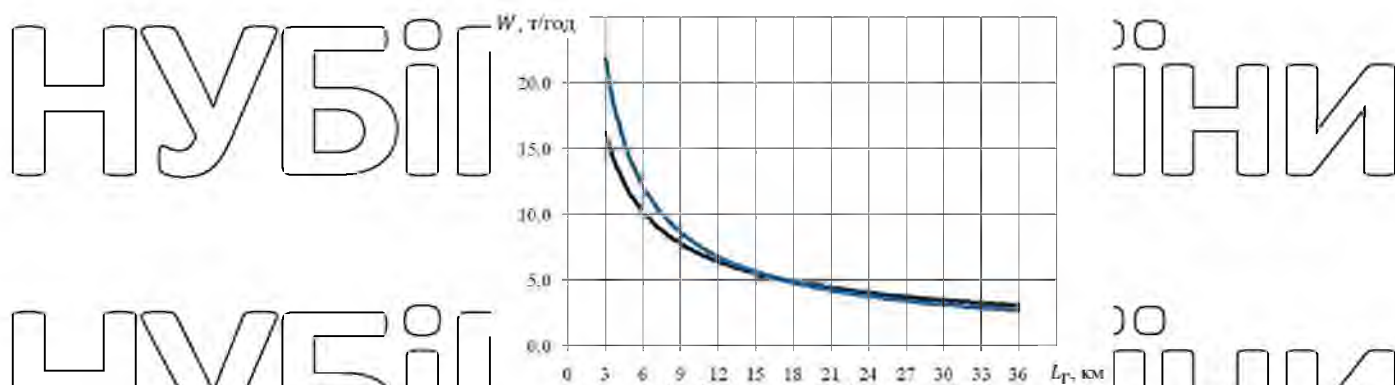


Рис. 4.18.в Залежність параметра W від L_T при $U = 0,03, M \rightarrow \min \text{ кг/м}^2$,

З графіків видно, що на зміну продуктивності впливають: виробничі умови (довжина гону) та вимоги агрономії (норма внесення). Доречно зауважити, що при визначенні годинної експлуатаційної продуктивності резонно вести розрахунок із застосуванням оптимальної вантажомісткості ω_0 (крива синього кольору), що дозволяє оптимізувати параметри ГТЗ з подальшим збільшенням продуктивності. Встановлено залежність $W = f(N)$ відповідно до рис. 4.19.

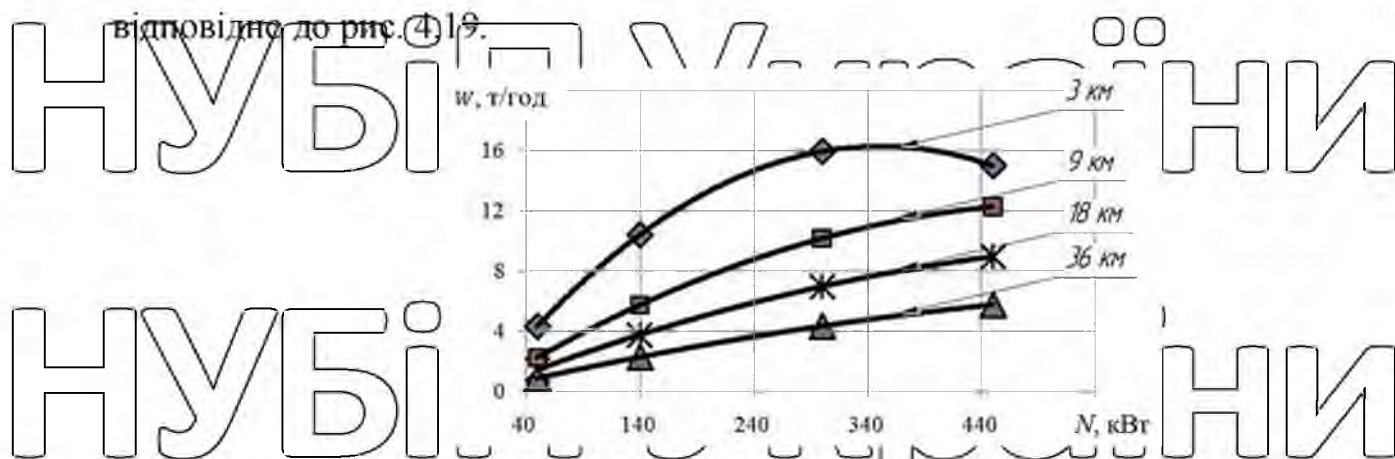


Рис. 4.19. Залежність параметра W від N_W при $U = 0,06 \text{ кг/м}^2$, і $L = 3, 9, 18, 36$ (км)

З графіка видно, що для досягнення максимуму продуктивності потрібно значно більші потужності, і так, наприклад, при довжині транспортування 9 км екстремум функції спостерігається на позначки потужності близько 534,5 кВт.

4.4. Узагальнені дані щодо оптимальних параметрів

Для дослідження залежності ω_0 від довжини транспортування та дози внесення мінеральних добрив проведено імітаційне моделювання за допомогою

розробленої програми (див. 3.4.) транспортно-технологічного процесу за різних виробничих умов.

В даний час вітчизняним та зарубіжним сільськогосподарським машинобудуванням пропонуються розкидачі твердих мінеральних добрив, що дозволяють реалізувати отримане розрахункове оптимальне значення технологічного параметра, тобто забезпечити оптимальне співвідношення між питомою вантажомісткістю Q та робочою шириною захвату B_p .

Розраховані значення екстремумів ω_0 для заданих діапазонів L_T і U задовольняють критерію максимум циклової продуктивності $W = f(L_T, U, \omega_0) \rightarrow \max$.

Таблиця 4.1
Залежність оптимальних значення екстремумів ω_0 для максимальної продуктивності від довжини транспортування L_T та дози внесення U

Довжина транспортування L_T , км		Доза внесення U , кг/м ²		
Діапазон	Розрахункове значення	0,03	0,06	0,12
2,0 - 4,0	3	36,0	72,0	144,0
7,0 - 11,0	9	62,4	124,7	249,4
16,0 - 20,0	18	88,2	176,4	352,7
26,0 - 46,0	36	124,7	249,4	498,8

Аналіз наведених даних показує, що зі збільшенням дози внесення U та довжини транспортування L_T оптимальні значення ω_0 збільшуються.

Порівнюючи розрахункові значення оптимальної питомої вантажомісткості ω_0 з параметрами конкретних машин, присутніх на ринку,

можна вибрати аналоги таких засобів. Так при довжині транспортування L_T від 2,0 до 20,0 км із дозою внесення $U = 0,03$ кг/м² і від 2,0 до 4,0 км із дозою внесення $U = 0,06$ кг/м² ефективні для внесення добрив розкидачі

вантажопідйомністю до 1,5 тонн, які зазвичай є навісними. Розкидачі вантажопідйомністю від 1,5 до 3,0 тонн будуть ефективні при дозі внесення

$U = 0,03$ кг/м² на відстанях перевезення понад 20 км, при $U = 0,06$ кг/м² на відстанях від 7,0 до 20,0 км та при $U = 0,12$ кг/м² на малих відстанях до 4,0

км. В умовах довжини транспортування від 7,0 до 46,0 км при дозі внесення $U = 0,06 \text{ кг/м}^2$, та від 26,0 до 46,0 км при дозі внесення $U = 0,12 \text{ кг/м}^2$ ефективними будуть агрегати для внесення мінеральних добрив вантажопідйомністю від 3 до 10 тонн.

Дослідженням залежності максимальної годинної експлуатаційної продуктивності ГТЗ $5W = f(N, L_T, U)$ від потужності N , довжини транспортування добрив L_T та дози внесення U наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2.

Значення оптимальної потужності за критерієм максимум продуктивності

Довжина транспортування L_T , км		Доза внесення U , кг/м^2		
		0,03	0,06	0,12
Діапазон	Розрахункове значення	Значення потужності, кВт		
2,0 - 4,0	3	281,6	351,1	457,2
7,0 - 11,0	9	408,7	534,5	676,8
16,0 - 20,0	18	534,5	676,8	804,8
26,0 - 46,0	36	676,8	804,8	898,2

Аналіз наведених даних показує, що оптимальні значення потужності істотно більші за наявні аналоги.

Створення машин з потужністю 250 – 500 кВт і більше обмежене допустимим навантаженням на вісь, прохідністю по слабких ґрунтах та допустимим питомим тиском рушіїв на ґрунт.

На дослідний зразок вантажного автомобіля КрАЗ-5133Н2 з двигуном потужністю 140 кВт встановлений адаптер для поверхневого внесення мінеральних добрив, що має вантажопідйомність 5,4 т, і залежно від V_p питомої вантажомісткості дорівнюватиме $\omega = 225 - 300 \text{ кг/м}$. З урахуванням цього діапазону виконані розрахунки оптимізації потужності по мінімуму витрат $C = f(N, L, U) \rightarrow \min$ за різних виробничих умов з використанням максимального та мінімального значень ω .

Результати подано у вигляді таблиці 4.3.

Таблиця 4.3.

Значення оптимальної потужності двигуна ТТЗ для мінімальних експлуатаційних витрат

Довжина транспортування L_r , км	Доза внесення U , кг/м ²					
	$\omega = 225$, кг/м			$\omega = 300$, кг/м		
	0,03	0,06	0,12	0,03	0,06	0,12
2,0 - 4,0	125,8	137,8	154,2	130,0	144,2	161,6
7,0 - 11,0	136,2	146,9	156,7	140,7	151,2	163,7
16,0 - 20,0	141,9	149,3	157,8	145,2	152,8	166,5
26,0 - 46,0	145,4	149,7	158,4	147,4	153,4	168,9

Аналіз даних (табл. 4.3) показує, що параметр транспортно-

технологічного засобу на базі автомобіля сільськогосподарського призначення

КрАЗ-5133Н2 з урахуванням діапазону варіювання ω_0 відповідає оптимальним при дозі $U = 0,03$ кг/м² на відстанях перевезення L_r від 7 до 20 км.

При збільшенні дози внесення оптимальні значення потужності

зміщуються у бік менших відстаней транспортування добрив, наприклад, при

дозі внесення $U = 0,06$ кг/м² він становитиме від 2,0 до 4,0 км, а при дозі

внесення $U = 0,12$ кг/м² потужність двигуна автомобіля КрАЗ-5133Н2

недостатня. Таким чином, обґрунтована зміна регулювання ширини захвату B_r

дозволить за рахунок варіювання питомої вантажомісткості розширити межі

ефективного застосування ТТЗ.

Проведено оптимізаційні розрахунки щодо визначення оптимальної

потужності двигуна ТТЗ для поверхневого внесення мінеральних добрив на базі

автомобіля при мінімумі експлуатаційних витрат для оптимальних значень ω_0

(відповідно до табл. 4.4) та постійної $\omega_{const} = 300$ кг/м (таблиця 4.4., 4.5., 4.6.).

Таблиця 4.4.

Значення оптимальної потужності та показника ефективності процесу при $U = 0,03 \text{ кг/м}^2$

Довжина транспортування, $L_r, \text{км}$	Значення ω , кг/м	Розрахункові значення	
		$N, \text{КВт}$	$W, \text{т/год}$
2,0 - 4,0	$\omega_{const} = 300$	125,3	7,2
	$\omega_{opt} = 36,0$	200,7	17,8
7,0 - 11,0	$\omega_{const} = 300$	136,2	4,1
	$\omega_{opt} = 62,4$	189,0	7,7
16,0 - 20,0	$\omega_{const} = 300$	141,9	2,9
	$\omega_{opt} = 88,2$	175,7	4,4
26,0 - 46,0	$\omega_{const} = 300$	145,4	1,9
	$\omega_{opt} = 124,7$	163,3	2,4

Таблиця 4.5.

Значення оптимальної потужності та показника ефективності процесу при $U = 0,06 \text{ кг/м}^2$

Довжина транспортування, $L_r, \text{км}$	Значення, ω , кг/м	Розрахункові значення	
		$N, \text{КВт}$	$W, \text{т/год}$
2,0 - 4,0	$\omega_{const} = 300$	137,8	10,3
	$\omega_{opt} = 72,0$	191,2	19,4
7,0 - 11,0	$\omega_{const} = 300$	146,9	6,0
	$\omega_{opt} = 124,7$	173,4	8,3
16,0 - 20,0	$\omega_{const} = 300$	149,3	4,0
	$\omega_{opt} = 176,4$	161,3	4,6
26,0 - 46,0	$\omega_{const} = 300$	149,7	2,4
	$\omega_{opt} = 249,4$	152,6	2,5

Таблиця 4.6.

Значення оптимальної потужності та показника ефективності процесу при $U = 0,12 \text{ кг/м}^2$

Довжина транспортування, $L_r, \text{км}$	Значення, ω , кг/м	Розрахункові значення	
		$N, \text{КВт}$	$W, \text{т/год}$
2,0 - 4,0	$\omega_{const} = 300$	154,2	15,5
	$\omega_{opt} = 144,0$	181,5	21,4
7,0 - 11,0	$\omega_{const} = 300$	156,7	8,3
	$\omega_{opt} = 249,4$	161,4	8,8
16,0 - 20,0	$\omega_{const} = 300$	157,8	5,0
	$\omega_{opt} = 352,7$	151,8	4,9
26,0 - 46,0	$\omega_{const} = 300$	158,4	2,9
	$\omega_{opt} = 498,8$	146,3	2,6

Зміни поєднань агроландшафтних та виробничих умов значно впливають

на значення оптимальної потужності автомобіля. Так, при збільшенні довжини транспортування з 3,0 до 36,0 км та дози внесення мінеральних добрив з $0,03$ до $0,12 \text{ кг/м}^2$ (при $\omega_{const} = 300 \text{ кг/м}$), спостерігається збільшення потужності з $125,8$ до $158,0 \text{ кВт}$ ω_0 . При оптимальних значеннях питомої вантажомісткості

характер залежності протилежний відбувається зниження оптимальної потужності з $200,0$ до $146,0 \text{ кВт}$.

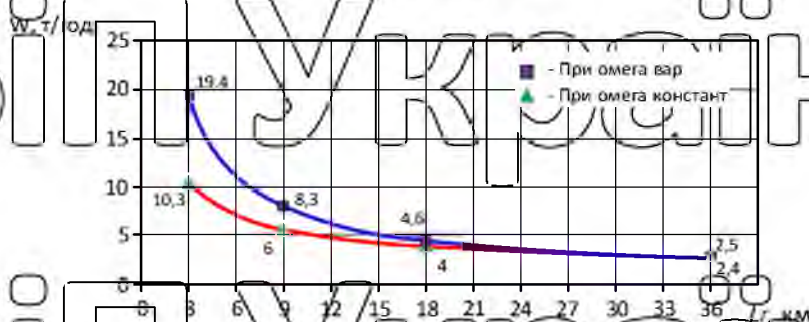
Значення продуктивності на великих дозах внесення ($U = 0,126 \text{ кг/м}^2$) та відстанях від $26,0$ до $46,0 \text{ км}$ при використанні оптимальної ω_0 набуває меншого значення порівняно з постійною $\omega_{const} = 300 \text{ кг}$. Це зумовлено тим,

що забезпечення ω_0 вимагає великих значень ширини захоплення, що негативно впливає на тривалість окремих залишають баланс часу зміни, зменшує коефіцієнт використання часу зміни, як наслідок зниження продуктивності.

На підставі даних таблиць 4.4., 4.5., 4.6. побудовано графік залежності продуктивності ТТЗ від довжини транспортування для різних доз внесення (рис. 4.20.).



а) $U = 0,03 \text{ кг/м}^2$



б) $U = 0,06 \text{ кг/м}^2$

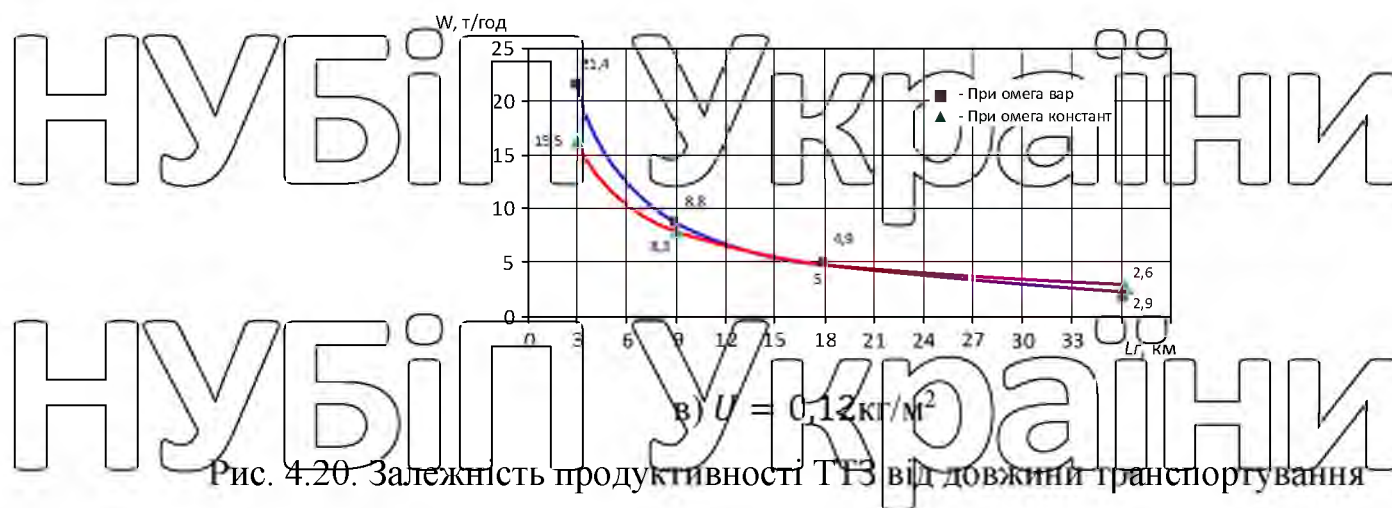


Рис. 4.20. Залежність продуктивності ТТЗ від довжини транспортування

Аналіз залежності продуктивності від довжини транспортування L_r (рис. 4.21а) показує, що різниця у продуктивності для оптимальної та постійної ω зменшується. Збільшення дози внесення призводить до зростання продуктивності, проте різниця у продуктивності для оптимальної та постійної ω також зменшується.

Найбільша різниця у продуктивності відзначається на коротких ділянках перевезення та малих нормах внесення. Для більших відстаней транспортування графіки фактично зливаються.

Конструкція робочих органів розкидача дозволяє змінювати робочу ширину захвату, у результаті варіювати оптимальним співвідношенням ω продуктивності та ширини захвату. У такому разі діапазон оптимальних поєднань агроландшафтних та виробничих умов збільшується відповідно до таблиці 4.7.

Таблиця 4.7.

Оптимальні поєднання умов експлуатації ТТЗ КрА3-5133Н2

Доза внесення, $\text{кг}/\text{м}^2$	Довжина транспортування, км	
	$\omega = 225 \text{ кг}/\text{м}$	$\omega = 300 \text{ кг}/\text{м}$
0,12	7,0	13,0
0,06	29	52,0
0,03	117	200

Аналіз даних таблиці 4.10 показав, що транспортно-технологічний засіб є ефективним на малих ділянках перевезення з великими нормами внесення мінеральних добрив, а саме при встановленій дозі внесення $U = 0,12 \text{ кг}/\text{м}^2$

діапазон ефективної експлуатації становитиме 7 - 13 км, $U = 0,06 \text{ кг/м}^2$ - від 29,0 - 52,0 км, і за $U = 0,06 \text{ кг/м}^2$ це значення становитиме 117 - 200 км.

На підставі даних (табл. 4.1-) побудовано графік залежності оптимальних поєднань агроландшафтних (довжина гону) та виробничих (норма внесення) умов для можливого діапазону регулювання ширини захвату (питома вантажомісткість $\omega = 225 - 300 \text{ кг/м}$).

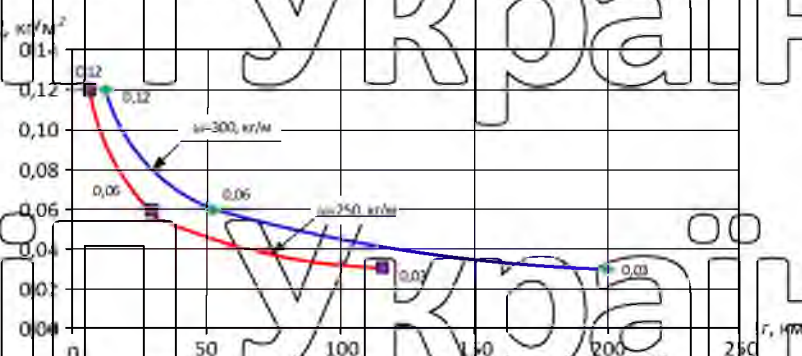


Рис. 4.21. Оптимальні поєднання умов експлуатації ТТЗ на базі автомобіля КраЗ-513Н2

Знаючи віддаленість поля, на якому здійснюється поверхневий розподіл мінеральних добрив та задану норму внесення (за допомогою графіка), відповідно до рис. 4.22 можна визначити ефективність застосування ТТЗ у

конкретних поєднаннях агроландшафтних та виробничих умов. Таким чином,

спираючись на дві графічні залежності, встановлюємо зону оптимальної експлуатації ТТЗ у межах регулювання за шириною захоплення.

Дослідженням встановлено, що компромісне рішення (збільшення наведених витрат на 5%) дозволяє підвищити продуктивність від 22 до 46% зі збільшенням відстані перевезення від 2,0 до 46,0 км і не залежить від дози внесення мінеральних добрив.

Також слід зазначити, що використання в розрахунках оптимальних значень співвідношення вантажівмісткості і ширини захоплення дає більший приріст продуктивності, ніж транспортно-технологічні засоби з фіксованим параметром ω . Цей ефект спостерігається в діапазоні від 2,0 до 20,0 км, але більш помітний на коротких ділянках транспортування.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

При використанні у розрахунках значень оптимальної вантажомісткості ω_0 з'явилася можливість оптимізувати параметри ТТЗ із подальшим зменшенням питомих грошових витрат. Наприклад, при збільшенні дози внесення з 0,03 до 0,12 кг/м² на довжині транспортування від 2,0 до 4,0 км - процес внесення мінеральних добрив стає менш витратним, значення грошових витрат знижується на 33,3%, на діапазоні 26,0 - 46,0 км на 9,2%, порівняно з аналогічним абстрактним ТТЗ з фіксованим співвідношенням вантажомісткості та ширини захвату.

Далі розглянуто рекомендації щодо використання транспортно-технологічного засобу для внесення мінеральних добрив на базі автомобіля підвищеної прохідності сільськогосподарського призначення КрАЗ-5133Н2 з розробкою операційної технології виконання технологічного процесу.

РОЗДІЛ 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЗАСОБУ НА БАЗІ АВТОМОБІЛЯ ПРИ ВНЕСЕННІ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

З багатьох сільськогосподарських перевезень особливий інтерес представляє потокове вантажопереміщення дорогою і розподіл (збір) їх у полі транспортно-технологічними засобами (ТТЗ), переважно машинно-тракторними агрегатами. Поряд із ними в перспективі передбачено використання спеціалізованих автомобілів, на шасі яких встановлюються знімні кузови - ємності, з механізмами для розподілу (збирання) технологічного матеріалу.

Застосування тієї чи іншої типу ТТЗ визначається загальноприйнятим споживчим орієнтиром - співвідношенням продуктивності W та фінансових витрат C_i за її реалізацію. Пошук такого співвідношення, у якому ефективно використовуватиметься перспективне автомобільне ТТЗ завдання справжнього дослідження. Починати його слід з вивчення впливу на споживчий орієнтир зовнішніх умов, в основному поєднань відстаней перевезення L , доз (норм) розподілу (збирання) технологічного матеріалу U та питомої (на 1 м ширини захвату) вантажівмістності ω .

Як інформаційно-рекомендаційне та нормативне джерело для цього дослідження прийнято реєстр технологій виробництва продукції рослинництва. Зокрема, його основним атрибутом є міжгалузевий технологічний адаптер «Транспортне забезпечення агротехнологій».

Вивчено викладені у ньому основні вимоги до технологічного транспорту, у тому числі:

- ❖ щодо забезпечення агротехнологій різної інтенсивності транспортними засобами різного технологічного рівня;

- ❖ з формування складів технічних модулів у «Типажі транспортних засобів в агротехнологіях».

З аналізу вимог випливає, що рекомендації щодо вибору типів і марок

транспортних засобів, параметрів їхньої роботи наводяться для вузького діапазону зовнішніх факторів та широких меж їх зміни. На ефективність застосування транспортно-технологічних засобів, залежно від технології, впливає відстань перевезення. Рекомендується на відстанях до 5 км застосовувати прямоочну технологію, а більш – перевалочну. Не враховується вплив різних інтенсивностей внесення добрив чи збирання врожаю. До того ж не наводяться критерії оптимальності, яким відповідають рекомендовані умови ефективного застосування транспортних засобів різної потужності.

Допущену невизначеність рекомендацій дозволяє виключити запропонований метод оптимізації використання транспортно-технологічних засобів (наприкладі внесення мінеральних добрив спеціалізованим автомобілем КрАЗ-5133Н2).

У ньому реалізується твердження, що вимоги до ресурсозбереження та скорочення термінів виконання робіт, а також можливості фінансування застосування ТТЗ визначають зсув споживчого співвідношення в той чи інший бік (до максимуму продуктивності чи мінімуму грошових витрат).

Оцінювати споживчі властивості ТТЗ, зокрема забезпечувати задану продуктивність та відповідати запиту на економічний ефект, рекомендовано

оцінювати комплексним показником N – потрібна потужність засобу. На етапі впровадження нових ТТЗ доцільно обґрунтовувати відповідні потужності виробничим умовам та фінансовим можливостям за критеріями техніко-економічного змісту. До них відносять мінімуми питомих (на одиницю маси вантажу) грошових витрат, грн./т використання ТТЗ: поворотних ($C_B \rightarrow \min$); - прямих експлуатаційних ($C_E \rightarrow \min$); - наведених ($C_P \rightarrow \min$).

У основі цільових функцій цих критеріїв – родинні грошові витрати C'_B , C'_E , C'_P , грн./год і продуктивність кошти W , т/год, як їх співвідношень $C_B = \frac{C'_B}{W}$,

$C'_E = \frac{C'_E}{W}$, $C'_P = \frac{C'_P}{W}$.
Розмірність показника W в т/год дозволяє обчислювати обсяг транспортної та польової роботи з розподілу (збору) технологічного матеріалу.

До того ж і типовими нормами виробітку для ТТЗ встановлена така ж одиниця виміру.

Зміст кожної складової грошових витрат таке.

Витрати на оплату праці C'_3 та паливо-мастильних матеріалів $C'_п$ у сумі становлять поворотні (обмінні) витрати $C'_в$ як:

$$C'_в = C'_3 + C'_п \quad (5.1.)$$

За (5.1.) ведуться розрахунки між бригадами (фермерами) усередині держдоговірних взаємин виконання одиничних операцій.

Прямі експлуатаційні витрати C'_E включають поворотні витрати (5.1.) та інші витрати, пов'язані з відрахуваннями на амортизацію C'_A на ТО та ремонт $C'_{гор}$, відновлення зносу та ремонту шин $C'_х$ на податки (оплата реєстрації ТЗ, технічного огляду та транспортний податок) $C'_{рот}$, а також страхові платіж $C'_с$ та накладні витрати $C'_н$.

За формулою:

$$C'_E = C'_в + C'_A + C'_{гор} + C'_х + C'_{рот} + C'_с + C'_н \quad (5.2.)$$

визначаються внутрішньогосподарські витрати виробництва сільськогосподарської продукції, які у рамках (5.2.) відбиваються у бізнес планах чи госпрозрахункових договорах бригад.

Доповнивши (5.2.) капітальними вкладеннями $C'_к$ будуть отримані наведені витрати у вигляді:

$$C'_р = C'_E + C'_к \quad (5.3.)$$

За їх допомогою визначаються загальногосподарські та загальновиробничі витрати, що дозволить калькулювати вартість робіт ТТЗ і собівартість продукції. За величиною (2.3.9) оцінюється можливість отримання прибутку, придбання нової техніки та ведення розширеного виробництва.

Оскільки цільові функції $C'_в$, C'_E , $C'_{пр}$ визначаються за допомогою показника W , то спочатку доречно встановити залежність $W = f(N)$. З досліджень її можна ставити кривою другого порядку:

$$W = \frac{(N \cdot \mu \tau)}{P_N \cdot L} = \frac{N(h - aN) \cdot \mu}{(P_N \cdot L)} \quad (5.4.)$$

де τ - коефіцієнт використання часу зміни, $\tau = h - dN$;

і d - показники, що характеризують у частках втрати часу зміни відповідно незалежні та залежні від N ($h = 0,69 \dots 0,59$; $d = 0,0005 \dots 0,0002$ 1/кВт);

P_N - питомі витрати потужності ($P_N = 0,5$ кВт·год./т·км) - постійні для однотипних засобів;

μ - співвідношення роботи на полі до роботи на дорозі $\mu = 0,20 \dots 0,60$ - залежить від L та U .

Залежність $\tau = f(N)$ прийнята як неспадаючі лінії першого порядку, позаяк у порівнянні з кривою другого порядку, дає похибка трохи більше $\pm 2\%$, що допустимо для математичного моделювання параметрів використання ТТЗ для вузького діапазону зміни N (від 80 до 190 кВт, тобто. застосовуваних на практиці вантажних автомобілів сільськогосподарського призначення)

Нижче наводяться формули розрахунку кожної складової перерахованих годинних витрат. При цьому у формулах виділяються показники, які не залежать і залежать N у вигляді одного з трьох лінійних рівнянь: $C_i = a_i + b_i \cdot N$, або $C_i = a_i$, або $C_i = b_i \cdot N$. Лінійні залежності вибрані тому, що дозволяють отримати значення з відхиленнями від дійсних трохи більше $\pm 2\%$.

Залежності визначення складових критеріїв оптимальності формувалися на підставі.

Оплачування праці C_3 з урахуванням основної заробітної плати та єдиного соціального податку складе:

$$C_3' = S_c \cdot \mu_0 \left(1 + \frac{K_{oc}}{100}\right), \text{ грн./год.} \quad (5.5.)$$

де μ_0 - коефіцієнт-надбавка за класність (стаж роботи) та ін. ($\mu_0 = 1,2 \dots 1,4$);

K_{oc} - норматив єдиного соціального податку (12,8%);

S_c - тарифна ставка водія, руб./год. ($S_c = 90 \dots 120$ грн./год).

Величини μ_0 й S_c у випадку мало залежить від марки спеціалізованих автомобілів, типу КрА3-5133Н2, тому приблизно можна прийняти $C_3' = a_3$ при

$b_i = 0$.

Витрати на комплексне паливо C'_Π включають витрати на основне паливо S_Π олії та мастила S_M (приблизно ціна S_M становить 20% від ціни S_Π):

$$C'_\Pi = N_\Pi \cdot S_{\Pi K} \cdot (2L + \omega \cdot 10^{-3}/U) \cdot \lambda/100, \text{ грн./год}, \quad (5.6)$$

де $S_{\Pi K}$ - комплексна ціна палива, грн./л; ($S_{\Pi K} = 1,25 \cdot S_\Pi$; $S_\Pi = 48 \dots 56$ грн./л) дизельного палива - це 2/3 його оптової ціни;

λ - інтенсивність рейсів, 1/год., (величина зворотна часу одиничного циклу $t_{ц}$, $\lambda = \frac{1}{t_{ц}}$);

N_Π - нормативна величина витрат палива л/100 км ($N_\Pi = 19$ для MAN, $N_\Pi = 23$ для [КрАЗ-5133Н2]).

Величина $t_{ц}$ розраховується з урахуванням вантажомісткості $Q = 5,4$ т, продуктивності навантажувача $W_H = 40$ т/год, швидкості руху по дорозі $V_r = 60$ км/год, по полю $V_p = 12$ км/год, питомою вантажомісткістю $\omega = 280$ кг/м на внесенні добрив або $t_{ц} = 2L/V_r + \omega/U/V_p + Q/W_H f_j$ $t_{ц} = Q/W$ год.

В рамках інженерних розрахунків можна приймати $t_{ц}$ незалежною від N у межах 80 до 190 кВт, оскільки зі збільшенням N перший і останній доданки компенсують зміни один одного, а друге залишається постійним.

Під час аналізу базової норми (л/100 км) вантажних бортових автомобілів визначено залежність витрати дизельного палива від потужності двигуна.

Показник N_T залежить від N в вигляді лінійного рівняння $N_T = v_{H0} \cdot N$ темпом приросту v_H при $a_i = 0$.

В підсумку $C'_\Pi = [v_{H0} \cdot S_{\Pi K} (2L + \omega \cdot 10^{-3}/U) \cdot \lambda/100] \cdot N = v_\Pi \cdot N$,

де v_Π - вираз у квадратних дужках грн./кВт·год.

Для автомобілів з дизелем $v_{H0} = 0,18$ л/(100 км·кВт)

Поворотні вкладення C'_B . З метою уніфікації розрахунків, позначивши

$a_0 = H_B$, $v_\Pi = D_B$ можна розрахувати витрати C'_B з рівності $C'_B = H_B + D_B \cdot N$ грн./год.

Амортизаційні відрахування C'_A визначаються сумою відрахувань по шасі автомобіля C'_T та з технологічного обладнання C'_K .

Їх балансові ціни (S_T і S_K) залежать від N відповідно:

$$S_T = a_T + v_T \cdot N, \quad (5.7)$$

$$S_K = a_K + v_K \cdot N, \quad (5.8)$$

де a_T , a_K і v_T , v_K - пари коефіцієнтів, відповідно незалежні (грн.) і залежні (грн./кВт) від потужності, ($a_T = 320$ тис.грн., $v_T = 7$ тис. грн./кВт).

Числові значення a_0 і v_0 , наприклад, для обладнання для внесення мінеральних добрив становитимуть ($a_K = 280$ тис.грн., $v_K = 3$ тис.грн./кВт).

Загальні відрахування на реновацію ТТЗ становитимуть:

$$C'_a = C'_m + C'_k = S_m \cdot H_m / 100 \cdot T_m + S_k \cdot H_o / 100 \cdot T_k = a_m \cdot H_m / 100 \cdot T_m +$$

$$+ a_k \cdot H_k / 100 \cdot T_k + (b_m \cdot H_m / 100 \cdot T_m + b_k \cdot b_k / 100 \cdot T_k) \cdot N = a_A + b_A \cdot N, \text{ руб.} \quad (5.9)$$

де a_A - сума двох перших доданків, руб./год;

b_A - Вираз у дужках, грн./кВт·год);

H_T , H_K - норма амортизаційних відрахувань відповідно за шасі автомобіля (10%) та технологічного обладнання (наприклад, 12,5% для внесення мінеральних добрив);

T_T , T_K - нормативне завантаження автомобіля та технологічного обладнання, год ($T_T = 1500$ год, $T_K = 700$ год), планована для внесення мінеральних добрив.

Витрати на ТО та ремонт $C'_{ТОР}$ визначаються за аналогією з розрахунком амортизаційних відрахувань, тільки замість H_T і H_K беруться $H_{ТРТ}$ і $H_{ТРК}$ відповідно нормативи витрат на ТО та ремонт для автомобіля та технологічного обладнання (6 та 9% для внесення мінеральних добрив):

$$C'_{ТОР} = a_m \cdot H_{ТРм} / (100 \cdot T_m) + a_k \cdot H_{ТРк} / (100 \cdot T_k) + [b_m \cdot H_{ТРм} / (100 \cdot T_m) + b_k \cdot H_{ТРк} / (100 \cdot T_k)] \cdot N = a_{ТОР} + b_{ТОР} \cdot N, \text{ грн.} \quad (5.10)$$

де $a_{ТОР}$, $b_{ТОР}$ - сума двох, перших доданків у квадратних дужках.

Витрати на відновлення зносу та ремонту шин C'_X рівні:

$$C'_X = K_X \cdot S_X \cdot H_X (2L + \omega/U) \cdot \lambda / 1000 \cdot 100 \quad (5.11)$$

де K_X - кількість шин на ТТЗ,

S_X - вартість однієї шини, грн.;

H_X - норма на відновлення та ремонту шин на 1000 км пробігу (0,78% до

вартості комплексу шин).

Доречно звернути увагу на факт приблизної рівності для $K_X \cdot S_X$ ТТЗ різної потужності, наприклад, для MAN він (6×6,2 тис. грн.) дорівнює 37 тис. грн., а для КрАЗ-5133Н2 воно (4×9,5) дорівнює 38 тис. грн.

Відхилення становить менше 3%, що припустимо при інженерних розрахунках.

Таке спрощення та викладки щодо витрат на паливо дозволяють вважати витрати (5.11.) не залежними від N . Тоді за $C'_X = a_X$ при $b_X = 0$.

Страхові платежі C'_C залежать від N і розраховуються за аналогією з відрахуваннями на реновацію C'_A або на ТО та ремонт C'_{TR} . В урахуванням страхового тарифу для шасі автомобіля $H_{cm} = 0,45\%$ та для технологічного обладнання $H_{ck} = 1,0\%$.

$$C'_C = a_c + b_c \cdot N, \quad (5.12.)$$

де коефіцієнти дорівнюють: $a_c = a_m \cdot H_{cm}/100 \cdot T_m + a_k \cdot H_{ck}/100 \cdot T_k$ грн./год; $b_c = b_m \cdot H_{cm}/100 \cdot T_m + b_{ck} \cdot H_{ck}/100 \cdot T_k$ грн./кВт год;

Податки C'_{PT} за кожним коштом у складі ТТЗ включають щорічну оплату державного технічного огляду C_P , реєстрації номерного знаку, технічного паспорта C_r , а також транспортного податку C'_{um} .

Перші два види податку не залежать N і складають частини від мінімальної оплати праці C_{min} (5,965 грн. на 2022 рік).

$$C'_t = C_{min} \cdot (K_{ea}/T_m + K_{eo}/T_k), \text{ грн./ГОД}, \quad (5.13.)$$

де K_{ea} і K_{eo} – частки від C_{min} відповідно для автомобіля ($K_{ea} = 1$) та технологічного обладнання ($K_{eo} = 0,5$ для внесення добрих).

$$C'_r = C_{min} \cdot (K_{ra}/T_m \cdot T_a), \text{ грн./ГОД}, \quad (5.14.)$$

де T_a - терміни експлуатації автомобіля ($T_a = 10$ років);

K_{ra} - частка від C_{min} для автомобіля ($K_{ra} = 0,5$).

Величина транспортного збору C'_{UT} за рік використання автомобіля з різними типами технологічного обладнання залежить від N ставки транспортного податку K_{CT} (на 2023 рік становить 100 грн./кВт):

$$C'_{UT} = N \cdot K_{CT} / T_m, \text{ грн. / год}, \quad (5.15.)$$

Підсумовуючи три види податків, можна розрахувати загальні виплати з податків з використанням формули.

$$C'_{POT} = [C_{min}(K_{ea}/T_m + K_{eo}/T_k + K_{ra}/(T_m \cdot T_a))] + N \cdot K_{CT}/T_m = a_{POT} + b_{POT} \cdot N, \text{ грн.} \quad (5.16.)$$

де a_{POT} - вираз у квадратних дужках;
 b_{POT} - коефіцієнт, що характеризує темп зміни C'_{POT} щодо N , ($b = N \cdot K_{CT}/T_m$, грн./кВт·год).

Накладні витрати C'_H плануються у розмірі 90% від оплати праці (5.17.):

$$C'_H = 0,9 \cdot C_0 = 0,9 \cdot a_0 = a_H = 0,9 \cdot S_c \cdot \mu_0 (1 + K_{OC}/100), \text{ грн. при } b_0 = 0.$$

Експлуатаційні витрати C'_E . З наведеного вище розгляду методів калькуляції прямих експлуатаційних грошових витрат можна отримати розгорнутий вираз C'_E в узагальненій формі:

$$C'_E = a_0 + a_A + a_{TOP} + a_X + a_C + a_{POT} + 0,9 \cdot a_0 + (b_T + b_A + b_{TOP} + b_C + b_{POT}) \cdot N = H_E + D_E \cdot N, \text{ грн.} \quad (5.17.)$$

де H_E - сума показників, позначених a_i , грн./год;
 D_E - сума показників (у дужках), позначених b_i , грн./кВт·год.

Капіталовкладення K'_K визначаються з метою розрахунку наведених витрат C'_P .
 За аналогією з розрахунком C'_A або C'_{TOP} ефективності капіталовкладень $H_{em} = 10\%$ по автомобілю $H_{ek} = 10\%$ та з технологічного обладнання для внесення мінеральних добрив обчислюються за формулою:

$$C'_K = a_m \cdot H_{em} / 100 \cdot T_m + a_k \cdot H_{ek} / 100 \cdot T_m + (b_m \cdot H_{em} / 100 \cdot T_m + b_k \cdot H_{ek} / 100 \cdot T_m) \cdot N = a_K + b_K \cdot N, \text{ грн./год} \quad (5.18.)$$

де a_K - сума двох перших доданків, грн./год;
 b_K - вираз у дужках, грн./кВт·ч.

Наведені витрати C'_P дорівнюють сумі витрат C'_E і C'_K у вигляді:

$$C'_P = H_E + a_K + (D_E + b_K) \cdot N = M_P + D_P \cdot N, \text{ грн./год} \quad (5.19.)$$

де M_P - сума двох перших доданків, грн./год.

D_p – сума доданків у дужках, грн./($\text{kВт}\cdot\text{ч}$).

Показники H_p і D_p є часові грошові витрати відповідно залежать і не залежать від потужності ТТЗ.

На цьому завершується етап математичного формулювання залежностей продуктивності та трьох видів питомих грошових витрат від потужності. Тим самим підготовлено модель оптимізації N .

Далі розраховується значення продуктивності транспортно-технологічних засобів і грошових витрат на одиницю роботи, які фіксуються в таблицях для аналізу.

Показником економічної ефективності застосування транспортно-технологічних агрегатів є зниження експлуатаційних витрат під час транспортування та внесення добрив.

Економічна оцінка транспортно-технологічного агрегату на процесі внесення добрив у варіантах адаптивного автомобіля КрАЗ-5133Н2 з допустимим навантаженням на вісь 6 т та тракторні транспортно-технологічні агрегати вантажопідйомністю 6 т проводилася за «Методикою економічної оцінки технологій та машин у сільському господарстві».

Показники були взяті з урахуванням дози внесення регламентованої технології типу «А» відповідно до реєстру. Річний обсяг внесення твердих гранульованих мінеральних добрив з урахуванням 100 га становить 60 т. Для порівняння взято тракторні транспортно-технологічні агрегати з вантажопідйомністю 6 т.

Основні техніко-економічні характеристики порівнюваних транспортно-технологічних засобів наведено у таблиці 3.1.

Нормативне річне завантаження проєктованого транспортно-технологічного автомобіля прийнято рівною 1800 год, оскільки за своїми функціональними можливостями він може використовуватися не тільки на транспортних роботах як автомобілі загального призначення, але і на транспортно-технологічних операціях, включаючи роботу на «м'яких» фоні.

Результати розрахунків експлуатаційних витрат на внесення всього

обсягу добрив наведено в таблиці 5.1, та у перерахунку на 1 т обсягу, що вноситься.

НУБІП УКРАЇНИ

Таблиця 5.1

Основні техніко-економічні характеристики та вихідні дані для

розрахунку

Показник	Найменування операції			
	Висення мінеральних добрив.			
	I варіант	II варіант		
ЮМЗ-8040.2	ZG-B 5500	КрАЗ-5133Н2	АДАПТЕР	
I. Техніко-економічні параметри				
Ціна придбання (балансова вартість), тис. грн.	700	750	1300	700
Потужність двигуна, л.з	81		198	
Вантажопідйомність, т		5		5
Місткість, м ³		5		5
Кількість шин			4	
Ціна однієї шини, грн.			9500	
Нормативне річне завантаження, год	1095	220	1800	220
Термін служби, років	11	7	10	7
II. Вихідні дані				
Обсяг робіт на 100 га, т		59		59
Продуктивність, т/год	8,1		9,6	
Кількість машин, що виконують операцію	0,1		0,1	
Довжина одного пробігу, км	10		10	
Норма амортизаційних відрахувань, %	9,1	14,3	10	10
Норма витрат на технічне обслуговування та ремонт, %	14,2	10	6	7
Норма відновлення зносу та ремонту шин на 1000 км пробігу, у % до вартості одного комплексу (шини)			0,78	
Норма витрати палива: л/т л/100 км	1,17			24,7
Ціна дизельного палива, грн.		55		55
Тарифна ставка заробітної плати, грн.		125		125
Єдиний соціальний податок, %		12,8		12,8
Страховий тариф, %	0,45	1	0,45	1
Транспортний податок, грн./л. з			75	
Мінімальна оплата праці, грн.		11000		11000
Коефіцієнт від мінімальної оплати праці:				
На проведення щорічного технічного огляду	1	0,5	1	0,5
На реєстрацію, видачу номерного знаку та технічного паспорта	0,5	0,5	0,5	

НУБІП УКРАЇНИ

Таблиця 5.2.

Експлуатаційні витрати на внесення твердих гранульованих мінеральних добрив

Показник	Найменування операції			
	Внесення О.М. (тверді)			
	I варіант		II варіант	
	ЮМЗ-8040.2	ZG-B 5500	КрАЗ-5133Н2	АДАПТЕР
На повний обсяг робіт, тис. грн.				
Амортизаційні відрахування	0,55	4,40	0,45	1,96
Технічне обслуговування та ремонт	4,40	3,08	1,18	1,37
Відновлення зносу та ремонт шин			0,07	
Дизельне паливо		2,07		33,79
Оплата праці		1,36		30,03
у т. ч. основна заробітна плата		1,21		26,62
єдиний соціальний податок		0,51		3,41
Страхові платежі	0,03	0,31	0,02	0,02
Податки	0,10	0,28		0,09
Накладні витрати		35,62		0,78
Експлуатаційні витрати на 1 т, грн.		374,65		172,83
Амортизаційні відрахування	9,54	74,62	7,50	33,29
Технічне обслуговування та ремонт	74,62	52,18	19,97	23,30
Відновлення зносу та ремонт шин			1,19	
Дизельне паливо		35,10		54,20
Оплата праці		23,12		14,75
у т. ч. основна заробітна плата		20,50		13,08
єдиний соціальний податок		2,62		1,67
Страхові платежі	0,47	5,22	0,34	3,33
Податки	1,72	4,69		1,50
Накладні витрати		20,81		13,28
Експлуатаційні витрати		302,09		148,15
Додаткові показники				
Капітальні вкладення, тис. грн. всього		193,54		176,38
на 1 т		3,28		2,99
Витрати праці, люд.-год: всього		9,68		6,17
на 1 т		0,16		0,10
Витрата дизельного палива, л: всього		2,07		1,75
на 1 т		0,04		0,03

Економічна оцінка транспортно-технологічних засобів показує, що при внесенні добрив найефективніше застосування адаптивного автомобіля КрАЗ-5133Н2. Експлуатаційні витрати на 1 т склали: 148,15 грн., що на 49% менше ніж при використанні тракторних транспортно-технологічних агрегатів.

Витрати праці на 1 т добрив, що вносяться транспортно-технологічного

автомобіля на базі КрАЗ-5133Н2 при внесенні мінеральних добрив становили 0,10 люд.-год., що у 47,5 % менше ніж тракторних транспортно-технологічних агрегатів.

Економія палива під час внесення добрив автомобілем КрАЗ-5133Н2 становитиме 24% порівняно з тракторними транспортно-технологічними агрегатами при перевезенні 1 т добрив, потрібно в 1,3 рази менше палива для автомобіля з технологічними надбудовами на внесенні добрив.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВИСНОВОК

НУБІП України

1. Аналіз природно-виробничих умов показав, що 54% полів мають довжину гону 400 - 800 метрів, 28% площ займають ділянки, розміром до 3 га, 25% від 3 до 8 га та 25% - від 9 до 33 га. При аналізі технологій виробництва рослинництва (система технологій) встановлено, що доза внесення мінеральних добрив перебуває від 0,03 до 0,06 кг/м². Встановлено, що 54,5% полів, на які вносять мінеральні, знаходяться від 12 до 18 км. від складу.

НУБІП України

2. З урахуванням існуючої структури товаровиробників, виробничих та агроландшафтних умов обґрунтовано вибір критеріїв оптимізації транспортно-технологічних агрегатів на базі автомобілів високої прохідності. Збір і систематизація статистичних даних, необхідні імітаційного моделювання як регресійних моделей дозволили отримати узагальнені залежності характеристик транспортно - технологічного процесу, з довірчою ймовірністю 0,95.

НУБІП України

3. Розроблена модель оптимізації параметрів транспортно-технологічних агрегатів для внесення мінеральних добрив на базі автомобілів високої прохідності з урахуванням особливостей транспортної та технологічної фази процесу для структури товаровиробників, виробничих та агроландшафтних умов дозволяє проводити розрахунки та визначати оптимальні теоретичні параметри агрегатів.

НУБІП України

4. Оптимальне значення часткової складової транспортної та польової роботи дозволяє підвищити продуктивність ТТЗ у 1,9; 1,5; 1,15 рази відповідно для $L_{\Gamma} = 3,9,18$ кілометрів при внесенні добрив дозою $U = 0,06$ кг/м². Це збільшення при ω_0 було досягнуто за рахунок підвищення ступеня превалювання вантажопереміщень дорогою над переміщеннями вантажу по полю відповідно 4,0; 2,5; 1,5 рази шляхом зменшення обсягу польової роботи через зниження довжини розкидання.

НУБІП України

5. За критерієм мінімум витрат. При збільшенні дози внесення та відповідності критерію оптимальності – мінімуму витрат необхідне підвищення

потужності, це найбільш прийнятно до малих відстаней транспортування, так наприклад, при збільшенні дози внесення з 0,03 до 0,12 кг/м² на відстані транспортування від 2,0 до 4,0 км потрібно підвищення потужності на 23,1% на діапазоні 26,0 - 46,0 км на 8,9%. При збільшенні дози внесення на одному етапі

перевезення продуктивність зростає, це зумовлено скороченням часу циклу,

рахунок зменшення часу випорожнення бункера. У разі збільшення дози внесення з 0,03 до 0,12 кг/м² на довжині транспортування від 2,0 до 4,0 км спостерігається підвищення продуктивності на 115%, на діапазоні 26,0 - 46,0 км

на 34,5%. Зі збільшенням довжини транспортування спостерігається зростання

грошових витрат для діапазону 2,0 - 4,0 км 27 грн./т, від 26,0 до 46, км 275 грн./т при нормі внесення 0,06 кг/м².

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Статистика. Сайт патрульної поліції України. URL-адреса: <http://patrol.police.gov.ua/statystyka/> (Дата звернення: 15.01.2020).
2. В Україні найвищий рівень смертності внаслідок ДТП у Європі (ІНФОГРАФІКА). TEXTS.org.ua. Веб сайт. URL-адреса: http://texty.org.ua/pg/news/textynewseditor/читати/87057/V_Ukraїni_pajuushha_smertnist_vid_DTP (дата звернення 10.01.2018).
3. Правила дорожнього руху. Київ: Укрспецвидав, 2020. 64 с.
4. Статистичні дані про автомобільний транспорт. Сайт Міністерства інфраструктури України URL: <https://mtu.gov.ua/content/statistichni-dani-ro-galuzi-avtomobilnogo-transportu.html> (станом на 10.05.2018).
5. Яким буде середній вік автопарку в Україні через 5 та 10 років? AUTO.RIA.com™: URL: <https://auto.ria.com/news/autolaw/232129/kakoj-srednij-vozrast-avtoparka-budet-v-ukraine-cherez-5-i-10-let.html> (станом на 05.10.2018 р.).
6. Інструкція про призначення та проведення судово-медичних експертиз Наказ Міністерства юстиції України від 10.08.98 № 53/5 (у редакції Наказу Міністерства юстиції України від 26.12.2012 № 1950/5 із змінами № 1350/5 від 27.07.2015, № 1420/5 від 26.0
7. Науково-методичні рекомендації щодо підготовки та проведення судових експертиз та експертиз (у ред. наказу Міністерства юстиції України від 26 грудня 2012 р. № 1950/5, у ред. № 1350/5 від 27 липня, 2012). 2015).
8. Три тисячі смертей на рік: чи покращиться безпека дорожнього руху в Україні? Веб сайт. URL: <https://auto.ria.com/news/autolaw/236184/tri-tysyachi-smertej-ezhagodno-uluchshitsya-li-dorozhnaya-bezopasnost.html> (дата звернення: 10.08.2018).
9. Опубліковано статистику ДТП в Україні у 2018 році // Перший автоклуб «Автоуа». Веб сайт. URL-адреса: <http://autonews.auto.ua.net/novosti/20627-opublikovana-statistika-dtp-v-ukraine-v-2018-gody.html#!> (Дата звернення: 08.05.2019).

10. Не за склом: стан дорожньо-транспортних пригод в Україні у 2017 році. AUTO.RIA.com™: Сайт. URL: <https://auto.ria.com/ru/news/autolaw/236137/pe-za-steklom-kak-obstoyal-dela-s-dtp-v-ukraine-v-2017-godu.html> (дата доступу 03.10.2018).

11. Кудряшов, Б.А. Ультразвукове очищення деталей вантажного автомобіля як фактор підвищення ефективності ремонтних робіт [Текст] / Б.А. Кудряшов, Н.В. Атаманенко, Н.С. Деєв // Вантажівка. 2019. №5. С. 37-40.

12. Затвердження стратегії щодо підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2020 року. Законодавство України. Веб сайт. URL-адреса: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/481-2017-%D1%80> (Дата звернення: 10.05.2018).

13. Рейтинг країн зі смертності від ДТП: Україна у першій десятці (інфографіка). Інформаційне агентство УНІАН. Веб сайт. URL-адреса: <https://www.unian.ua/society/2088789-reyting-krajn-za-rivnem-smertnosti-u-dtp-ukrajna-v-desyatysi-infografika.html> (дата звернення: 01.10.2018)

14. Кашканов А.А. Технології підвищення ефективності автомобільної технічної експертизи дорожньо-транспортних пригод: Вінницька монографія: ВНТУ, 2018. 160 с.

15. Методика зниження невизначеності у завданнях автомобільної технічної експертизи дорожньо-транспортних пригод щодо дальності видимості дорожніх об'єктів у темний час доби: Вінниця: ВНТУ, 2010. 200 с.

16. Кашканов В.А., Ребедайло В.М., Кашканов А.А., Кужель В.П. Інтелектуальна технологія визначення коефіцієнта тертя за технічної експертизи автомобілів при дорожньо-транспортних пригодах: монографія. Вінниця: ВНТУ, 2011. 128 с.

17. Кашканов А.А., Ребедайло В.М. Вплив фактора видимості на вибір безпечної швидкості руху автомобіля у нічний час. Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. 2002. № 17. с. 62-66.

18. Кашканов А.А., Кужель В.П. Принципи та моделі оцінки ефективності автомобільних фар. Вимірювальні та комп'ютерні технології у

технологічних процесах. 2002. № 2. с. 139-143.

19. Кашканов А.А., Хрещенецький В.Л., Біліченко В.В. Проектування та стан транспортних засобів у проблемі безпеки дорожнього руху. Методи системного управління, технології організації виробництва, ремонту та експлуатації автомобілів. 2003. Том. Сімнадцяті сторінки 62-65.

20. Кашканов А.А. Застосування нечіткої логіки в автоматизації автомобілів. Автомобільний транспорт. 2003. № 13. с. 58-61.

21. Кашканов А.А., Кужель В.П. Вплив сліпоти водія на вибір безпечних водійних режимів. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2003.

22. Кашканов А.А., Кужель В.П. Аналіз методів та засобів діагностування автомобільних фар. Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2004. (№ 7 (77)). Частина 1. с. 25-29.

23. Ротштейн А., Кательников Д., Кашканов А. Нечіткий когнітивний підхід до ранжування факторів, що впливають на надійність людино-машинних систем. Кібернетика та системний аналіз. Політ. 55, ні. 6 листопада 2019 року. С. 958-966. DOI: 10.1007/s10559-019-00206-8.

24. Кашканов А.А., Ротштейн А.П., Кучерук В.Ю., Кашканов В.А.

Коефіцієнт зчеплення шин із дорогою: адаптивна система оцінки.

Вісник Карагандинського університету. Серія "Фізика". 2020. № 2(98).

С. 50-59. DOI: 10.31489//50-59. (Основна колекція Web of Science).

25. Штрубле Д. Реконструкція автомобільної аварії: практика та принципи.

Бока-Ратон: CRC Press, 2013. 498 стор.

26. Довідник з передової практики реконструкції дорожньо-транспортних пригод, ENFSI-BPM-RAA-01. Версія 01 / листопад 2015 р. Європейська мережа інститутів судової експертизи. 21:00

27. Закон України "Про судову експертизу". Документ №4038-XII. Поточна редакція від 7 листопада 2015 року: офіційний сайт Верховної Ради України

URL:<http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/4038-12>(Дата звернення: 16 грудня 2015 р.).

28. Динаміка автомобіля Jazar RN: теорія та застосування. Нью-Йорк: Springer,

2018, 1015 стор.

29. Гента Г., Морелло Л. Автомобільне шасі / Том 1: Проектування компонентів. Спрінгер, 2019. 621 с.

30. Гента Г., Морелло Л. Автомобільне шасі. Том 2. Проектування системи. Спрінгер, 2019. 825 с.

31. Франк Х., Франк Д. Математичні методи реконструкції аварії: погляд судово-медичної експертизи. Бока-Рагон: CRC Press, 2009. 328 стор.

32. Стефан Х. Методи реконструкції аварії. Динаміка систем автомобіля. 2019. Том 47. Номер 8: С. 1049-1073. DOI: 10.1080/00423110903100440.

33. Після затвердження переліку науково-технічної та довідкової літератури, що рекомендується, яка використовується для проведення судових експертиз. Наказ Міністерства юстиції України від 30 липня 2010 р. № 1722/5. К., 2017. 94 с.

34. Ротштейн А., Ребедайло В., Кашканов А. Нечітко-логічна ідентифікація коефіцієнта зчеплення коліс автомобіля з поверхнею дороги. Доповіді та листи про нечіткі системи та II. 2017. 6(1-3), сторінки 53-64.

35. Методи оцінки кінематичних та динамічних параметрів транспортних засобів при зіткненні з урахуванням деформації та руйнування. Київський науково-дослідний інститут судових експертиз (КНДІСЕ) К.: КНДІСЕ, 2015. 64 с.

36. транспорту. 2016. Випуск. Двадцять шоста сторінка 84-88.

37. Трофименко Н. С. Питання, пов'язані з призначенням та проведенням окремих видів судових експертиз (за матеріалами узагальнення експертної практики). Вісник Академії митної служби України. Серія: "Правильно". 2018. №1 (10) п. 107-112.

38. Василевський О. М., Кучерук В. Ю., Володарський О. Т. Основи теорії невизначеності вимірів: навч. Вінниця: ВНТУ, 2015. 230 с.

39. Панков А.О., Аулін В.В., Голуб Д.В. Розробка мехатронного програмно-апаратного комплексу регулювання норми висіву. Збірник тез IV Всеукраїнської науково-практичної конференції "Перспективи і тенденції

розвитку конструкцій та технічного сервісу с-х машин і знарядь". 28-29 березня 2018 р. Житомир: Житомирський агротехнічний коледж, 2018. С. 311-313.

40. Панков А.О., Аулін В.В., Голуб Д.В. та ін. Розробка інтелектуального мехатронного модуля для системи управління дозуванням. Збірник тез Дванадцятій міжнародній науково-практичній конференції "Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси (ІРТК-2019)", 21-22 травня 2019 року, Київ, Україна. К.: НАУ, 2019. - 173-175.

41. Novitskiy A., Karabinosh S. Some aspects of information support for operability of complex agricultural machinery. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv, Ukraine. 2018. Vol. 9. No. 2. 241. P. 106-121.

42. Аулін В. В., Лисенко С. В., Голуб Д. В., Грицьків А. В., Мартиненко О. Д. Теоретико-фізичний підхід до діагностичної інформації про технічний стан агрегатів мобільної сільськогосподарської техніки. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. Харків, 2015. Вип. 158. С. 252-262.

43. Новицький А. В., Банний О. О., Бистрий О. М. Дослідження впливу експлуатаційних факторів на технічний стан сільськогосподарської техніки. 2021, *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv, Ukraine. 2021. Vol. 12. No 4. P. 39-46.

44. Новицький А. В. Моніторинг матеріально-технічного забезпечення та надійності техніки АПК в системі розвитку інноваційних процесів. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv, Ukraine. 2019, Vol. 10, No 3, P. 87-94.

45. Aulin, V., Hryniv, A., Lyashuk, O., Vovk, Y., Lysenko, S., Holub, D., Zamota, T., Pankov, A., Sokol, M., Ratynskiy, V., Lavrentieva, O. Increasing the functioning efficiency of the working warehouse of the "Uvk Ukraine" company transport and logistics center (2020) *Communications - Scientific Letters of the University of Zilina*, 22 (2), pp. 3-14

46. Аулін В.В., Голуб Д.В., Великодний Д.О., Дьяченко В.О. Розв'язання

проблеми надійності технологічних процесів вантажних перевезень підприємствами агропромислового виробництва. Центральноукраїнський науковий вісник Технічні науки. Кропивницький ЦНТУ, 2019. Вип. 1(32). С.36-45.

47. 19. Музильов Д.О., Павленко О.В. Модель функціонування системи доставки насіння зернових культур у контейнерах з США до України. Комунальне господарство міст. 2022, № 171 (4), С. 179-184.

48. Презентація автомобілів КраЗ для громадського транспорту: URL: <http://www.autokraz.com.ua/index.php/>

49. 2. Степанов І.В., Муляр С.В., Хохлов О.О. та ін. "Розвиток транспортної інфраструктури в Україні". К.: Книжковий світ, 2017. - 240 с. - ISBN 978-966-03-7757-7.

50. Луценко І.В., Жуков О.А., Кузьменко О.М. та ін. "Розвиток автомобільного транспорту: проблеми та перспективи". К.: Автодорога, 2015. - 252 с. - ISBN 978-966-945-283-1.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України