

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**Кафедра технічного сервісу та інженерного менеджменту
імені М.П.Момотенка**

УДК 631.3:631.11

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

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

_____ **Роговський І.Л.**

“ _____ ” _____ 2024 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «УДОСКОНАЛЕННЯ ПАРАМЕТРІВ КОМПЛЕКСУ
ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНІКИ У ФЕРМЕРСЬКИХ
ГОСПОДАРСТВАХ»**

Спеціальність – 208 «Агроінженерія»
Освітня програма – «Агроінженерія»
Орієнтація освітньої програми – освітньо-професійна

Гарант освітньої програми:

д.т.н., проф.

«підпис»

Братішко В.В.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

к.т.н., доцент

«підпис»

Шатров Р.В.

Виконав

«підпис»

Бондарчук Д.В.

Київ – 2024

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра технічного сервісу та інженерного менеджменту
імені М.П.Момотенка

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

“ _____ ” _____ 2024 р.
І.Л.Роговський

З А В Д А Н Н Я

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Бондарчуку Денису Вікторовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність – 208 «Агроінженерія»
Освітня програма – «Агроінженерія»
Орієнтація освітньої програми – освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Удосконалення параметрів комплексу використання техніки у фермерських господарствах».
затвержені наказом ректора НУБіП України від «07» грудня 2023 року №2223 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру: 10.11.2024 р.

Вихідні дані до роботи:

Статистичні збірники Державної служби статистики України щодо розмірів посівних і зібраних площ, валових зборів та урожайності основних сільськогосподарських культур по Україні та по регіонах. Науково – технічна література; результати науково-дослідних робіт по оптимізації машинно-тракторного парку в рослинництві.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Стан питання і завдання дослідження ефективних методів ефективного використання виробничо-технічного потенціалу господарств
2. Теоретичні передумови обґрунтування підвищення ефективності та оптимальної експлуатації техніки у фермерських господарствах
3. Програма та методика експериментальних досліджень ефективного використання виробничо-технічного потенціалу
4. Результати експериментальних досліджень ефективного використання
5. Економічна ефективність досліджень

Дата видачі завдання 18.09.2023 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

(підпис) (прізвище та ініціали) **Р.В..Шатров**

Завдання прийняв до виконання

(підпис) (прізвище та ініціали) **Д.В.Бондарчук**

РЕФЕРАТ

Магістерська робота містить розрахунково–пояснювальну записку на 101 стор. машинописного тексту.

Ключові слова: фермерство, критерії, закономірності, залежності, параметри процесу, зернові культури, машинно-тракторний парк, системний, математичний аналіз, досліді, прибуток.

Розвиток фермерського руху потребує проведення спеціальних наукових розробок, направлених на дослідження ефективних методів використання виробничо–технічного потенціалу.

Встановлено теоретичні закономірності доцільності спільного використання мобільної техніки фермерських формувань з розв'язанням питання зменшення часу її простоїв з різних причин.

Теоретично обґрунтували можливість застосування мобільно–транспортних засобів при їх використанні фермерами на польових механізованих роботах з розробкою математичної моделі механізму збільшення тяги на гаку цих засобів.

Обґрунтували комплекс машинно–тракторних агрегатів при різних видах і методах їхнього використання у фермерських господарствах рослинницького напрямку.

ЗМІСТ

	ст.
Вступ.....	6
1. СТАН ПИТАННЯ І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	9
1.1. Технічне оснащення сільськогосподарського виробництва.....	9
1.1.1. Дослідження оптимального складу МТП.....	9
1.1.2. Оснащеність фермерських господарств технікою.....	16
1.3. Використання техніки у фермерських господарствах	22
1.4. Практика спільного використання техніки	25
2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЕХНІКИ У ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВАХ.....	35
2.1. Підвищення ефективності експлуатації фермерської техніки за рахунок спільного використання.....	35
2.1.1. Визначення площі, що оброблюється агрегатом в агротехнічний термін в умовах фермерських господарств	35
2.1.2. Обґрунтування доцільності паралельного виконання польових механізованих робіт для підвищення ефективності експлуатації техніки.....	42
2.1.3. Обґрунтування спільного використання техніки у фермерських господарствах	47
2.2. Обґрунтування використання транспортно–енергетичних засобів з причіпними сільськогосподарськими машинами	49
2.2.1. Кінематичний ланцюг передачі енергії колесу вільного обертання для збільшення тяги на гаку автомобіля з причіпною сільгоспмашиною	49
2.2.2. Аналіз кінематичного ланцюга передачі енергії	55
2.2.3. Робочий цикл ланцюгової передачі.....	60
2.2.4. Умови рівноваги кінематичного ланцюга передачі енергії	67
3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	77
3.1. Програма досліджень.....	77

3.2. Планування експерименту та методика досліджень	78
3.3. Методика обробки статистичних та експериментальних даних	88
3.4. Методика вибору оптимального складу комплексу МТА по узагальнюючим критеріям	93
4. ПОКАЗНИКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ФЕРМЕРСЬКОЇ ТЕХНІКИ	98
4.1. Результати впровадження різних видів міжфермерської кооперації і рекомендації до виробництва	98
4.2. Ефективність сусідської взаємодопомоги у використанні сільськогосподарської техніки.....	102
ВИСНОВКИ.....	107
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	109
ДОДАТОК	115

ВСТУП

Фермерство в Україні не просто економічна галузь, але й справжня історія підприємницького духу та самостійності, яка відзначається інноваціями та прагненням до якісного та сталого розвитку аграрного сектору. Тому важливим є визначення шляхів для подальшого розвитку цього сектору.

Умови активного вплетення України у світові процеси глобалізації висувають перед нашою країною нові та важливі завдання у сфері стратегічного розвитку аграрного сектору економіки. Із зростанням світового населення та попиту на продукти харчування, Україна має чудові можливості стати не лише її житницею, але й ключовим гравцем на глобальному аграрному ринку. Наша країна багата на родючі ґрунти, придатні для вирощування різноманітних культур. Велика площа оброблюваних земельних ділянок та сприятливий клімат створюють ідеальні умови для розвитку сільськогосподарського виробництва. Однак, для досягнення максимального потенціалу, нам потрібно активно впроваджувати сучасні технології, підвищувати якість продукції та розширювати доступ до міжнародних ринків збуту. Україна також може виступати як платформа для інвестицій у сільське господарство, приваблюючи іноземних інвесторів для спільних проєктів та розвитку нових технологій. Співпраця зі світовими партнерами може допомогти нам покращити інфраструктуру, розширити діапазон сільськогосподарських продуктів та підняти стандарти якості, які б відповідали вимогам міжнародного ринку.

Важливо відзначити, що перші фермерські господарства в Україні виникли ще у 1989 році, це навіть перед тим, ніж була прийнята відповідна законодавча база, включаючи Закон України «Про селянське (фермерське) господарство», прийнятий в грудні 1991 року. Це свідчить про великий потенціал та прагнення українських сільських жителів до підприємницької активності та самостійного господарювання. Фермерство стало не просто альтернативою, але й традиційною формою управління сільським господарством в Україні, яка нині виробляє різноманітну продукцію для

внутрішнього ринку та експорту, сприяючи економічному розвитку країни та забезпечуючи громадян харчо-вою безпекою. Фермерство є особливо привабливою формою підприємницької діяльності, як зазначають науковці та дослідники у сфері сільського господарства. Ця галузь вимагає від фермерів широкого спектра навичок, знань та інноваційних підходів. Вона поєднує в одній особі власника засобів виробництва, працівника та менеджера, що робить її найбільш мотивуючою та відповідальною формою власності. Таким чином, фермерські господарства в Україні є динамічним сектором сільського господарства, що сприяє сталому розвитку та підвищенню важливості аграрного сектора в національній економіці. Ці підприємства відображають глибокий підприємницький дух та самостійність фермерів та продовжують здійснювати важливий внесок у розвиток сільських територій та гарантування продовольчої безпеки країни.

Розвиток фермерського руху потребує проведення спеціальних наукових розробок, направлених на дослідження ефективних методів використання виробничо-технічного потенціалу. Відомо, що до 85% від всіх капітальних витрат доводиться на придбання техніки тільки за рахунок валової виручки. Це не дає можливості забезпечити їх необхідною технікою.

Індивідуальне використання фермерської техніки зумовлює українську низьку ефективність її експлуатації. Зараз в Україні у фермерських господарствах проводиться лише половина необхідних технологічних операцій, причому в агротехнічний термін виконується тільки третина об'ємів польових механізованих робіт від числа тих, що виконуються взагалі.

Актуальність теми. Одним із головних шляхів розв'язання цих питань є застосування спільного використання різних видів мобільної техніки. Це дозволить в 2–3 рази збільшити продуктивність комплексу машин при виконанні польових механізованих робіт, скоротити терміни їх виконання, збільшити в 1,5–2,0 рази сезонне завантаження техніки. Тому підвищення ефективності експлуатації комплексу машин за рахунок зменшення їх простоїв, спільним використанням тракторної і автомобільної техніки фермерськими господарствами, обґрунтування їх оптимальної енергозабезпеченості та раціонального рівня концентрації формувань фермерів є актуальним і

своєчасним питанням для сільського господарства України.

Мета і задачі досліджень. Метою досліджень є підвищення ефективності експлуатації обґрунтованого комплексу машин у фермерських господарствах за рахунок зменшення їх простоїв, та спільного використання тракторної і автомобільної техніки.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі задачі:

1. Провести аналіз виробничих умов використання комплексу машин у фермерських господарствах і їх об'єднаннях.
2. Встановити теоретичні закономірності доцільності спільного використання мобільної техніки фермерських формувань з розв'язанням питання зменшення часу її простоїв з різних причин.
3. Теоретично обґрунтувати можливість застосування мобільно–транспортних засобів при їх використанні фермерами на польових механізованих роботах з розробкою математичної моделі механізму збільшення тяги на гаку цих засобів.
4. Розробити програму та методику експериментальних досліджень.
5. Обґрунтувати комплекс машинно–тракторних агрегатів при різних видах і методах їхнього використання у фермерських господарствах рослинницького напрямку.
6. Провести техніко–економічний аналіз підвищення ефективності експлуатації комплексу машин у фермерських господарствах.

Об'єкт досліджень – процес спільного використання тракторів і автомобілів з сільськогосподарською технікою на польових механізованих роботах в умовах фермерських господарств.

Предмет досліджень – закономірності, що визначають об'єктивні умови спільного використання техніки у фермерських формуваннях: структура витрат добового часу, фактична продуктивність машинно–тракторних агрегатів при їх роботі в декількох фермерських господарствах, рівень концентрації фермерських формувань та склад їх техніки.

1. СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Технічне оснащення сільськогосподарського виробництва

1.1.1. Дослідження оптимального складу МТП

Сучасне сільське господарство ґрунтується на механізованих технологіях, тому його ефективність значною мірою залежить від технічної оснащеності та рівня використання технічного потенціалу господарств. Складні соціальні, екологічні та економічні проблеми — продовольчої безпеки, збереження і підвищення родючості ґрунтів, збільшення виробництва білку, зниження енергоспоживання, збереження довкілля — можна вирішити лише за наявності цілеспрямованої творчої діяльності всіх фахівців аграрного профілю і зокрема інженерно – технічних кадрів.

Потреба в засобах механізації для виробництва продукції рослинництва - це оптимальний склад машинно-тракторного парку. Головна проблема в організації механізованого виробництва конкурентноспроможної продукції рослинництва полягає в машинозабезпеченні своєчасного виконання технологічних операцій з дотриманням вимог агротехніки при зниженні трудових і матеріальних затрат. Приорітетними напрямками технічної політики в сільськогосподарському виробництві є: обґрунтування та комплектування оптимального складу машинно-тракторного парку (МТП) з урахуванням прогресивних технологій виробництва продукції; ресурсозабезпечення його роботоздатності; організація ефективного використання машинно-тракторних агрегатів (МТА) та матеріально-технічних засобів в сільськогосподарських підприємствах; підготовка і підвищення кваліфікації механізаторських та інженерно-технічних кадрів.

Ефективне використання машинно-тракторного парку залежить від прогресивних форм організації його роботи, вдосконалення методів аналізу та розробки заходів, що забезпечують покращання планування та управління виробничою діяльністю.

Головна проблема в організації механізованого виробництва конкурентноспроможної продукції рослинництва полягає в

машинозабезпеченні своєчасного виконання технологічних операцій з дотриманням вимог агротехніки при зниженні трудових і матеріальних затрат. Приорітетними напрямками технічної політики в сільськогосподарському виробництві є: обґрунтування та комплектування оптимального складу машинно-тракторного парку (МТП) з урахуванням прогресивних технологій виробництва продукції; ресурсозабезпечення його роботоздатності; організація ефективного використання машинно-тракторних агрегатів (МТА) та матеріально-технічних засобів в сільськогосподарських підприємствах; підготовка і підвищення кваліфікації механізаторських та інженерно-технічних кадрів.

Правильне комплектування машинно-тракторного парку господарства полягає у визначенні доцільного набору енергетичних і транспортних засобів та сільськогосподарських машин як у структурному (за призначенням), так і в кількісному відношенні, в обґрунтованому розподілі між виробничими підрозділами техніки, застосування якої забезпечить виконання механізованих робіт в агротехнічні строки та з мінімальними затратами праці й коштів на виробництво сільськогосподарської продукції.

Машинно-тракторний парк сільськогосподарського підприємства використовують як самостійно, так і в складі різних внутрішньогосподарських підрозділів. Форми його використання є такими.

1. У складі **механізованих ланок**, які вирощують окремі сільськогосподарські культури (картоплю, кукурудзу, цукрові буряки та ін.). Проте роботи з вирощування однієї культури не можуть забезпечити повну зайнятість машинно-тракторного парку протягом року, тому ці машини використовують і на інших роботах. Тільки у тваринництві такі ланки працюють цілий рік.

2. У складі **механізованих загонів**, які обслуговують одну сівозміну або її частину, де вирощують кілька сільськогосподарських культур. У цьому випадку досягають більш повної зайнятості техніки протягом року, однак бувають періоди, коли трактори загону працюють на інших роботах.

Механізована бригада — таке саме формування, як і загін, проте більше за розміром і обслуговує цілу сівозміну або дві невеликі сівозміни. Таких бригад може бути кілька у господарстві, і працюють вони у рослинництві.

1. **Тракторна бригада** — створюється одна на господарство і обслуговує всі галузі підприємства. Земля за нею не закріплюється. Особливо це стосується невеликих господарств, наприклад, на Поліссі, де невеликі населені пункти і має місце дрібноконтурність землі.

2. **Тракторно-рільничі, тракторно-овочівницькі, тракторно-садівницькі та інші бригади.** В цьому випадку трактористи-машиністи нарівні з працівниками на ручних роботах, які входять до складу бригад, відповідають за урожай, техніку, використання землі, яка за ними закріплюється. Земля, засоби виробництва і працівники перебувають під єдиним керівництвом, що забезпечує кращі результати роботи, ніж при організації окремих тракторних бригад.

3. **Цех механізації** за цехової організаційної структури господарства. Такі цехи здійснюють підготовку техніки до роботи (ремонт, технічне обслуговування, агрегування). Трактористи-машиністи входять до складу інших цехів (рослинництва, тваринництва та ін.) і одержують техніку для виконання технологічних операцій при виробництві продукції, а після цього повертають її в цех механізації.

Оптимізуючими характеристиками таких систем є продуктивність і витрата палива на одиницю об'єму робіт при різних умовах експлуатації.

Даний напрямок досліджень досить глибоко і детально викладено в роботах С.А. Іофінова, Л.Е. Агеєва, А.А. Зангієва, Ю.К. Кіртбая, І.П. Ксєневича, Б.А. Линтварєва, Р.Ш. Хабатова, А.Д. Гарькавого. Для конкретних виробничих умов розраховувались годинні і змінні продуктивності різних машинно–тракторних агрегатів на виконанні самостійних (не взаємозалежних) механізованих робіт, а також питомі витрати пально–мастильних матеріалів.

Групи машин (ГМ), як елемент системи технічного оснащення рослинництва, розрізняються особливостями свого функціонування і можуть

розглядатися як технологічні комплекси, безупинно взаємодіючі протягом визначеного виробничого циклу, а також групи машин для виконання послідовних взаємозалежних операцій.

Питання обґрунтування параметрів груп машин, безупинно взаємодіючих у процесі циклу робіт, розглянуті в дослідженнях В.А. Гобермана, А.А. Зангієва, А.М. Крикова, А.Д. Гарькавого, О.В. Сидорчука та ін.

Для дослідження систем типу ГМ найчастіше застосовувалися методи статистичного й імітаційного моделювання. Метою моделювання і дослідження груп безупинно взаємодіючих машин є розрахунок їхньої спільної продуктивності і витрати ПММ з обліком конкретних виробничих умов.

Початок досліджень систем типу "набір машин" (НМ) збігається за часом з появою на озброєнні галузі могутніх енергонасичених тракторів і необхідністю створення для них машин і знарядь, здатних ефективно використовувати нові енергозасоби. У роботах даного напрямку освітлені питання обґрунтування мінімального й оптимального наборів машин до тракторів, а також створення нових наборів машин, нових технологій, нових систем техніки, що дозволяють значно підвищити продуктивність праці на основних механізованих роботах. Ці питання освітлені в роботах вітчизняних вчених І.А. Шевченка, О.В. Сидорчука, Л.В. Погорілого.

Разом з тим теорія оптимального комплектування тракторів шлейфом машин не вирішує всіх питань, наприклад, при формуванні системи технічного оснащення конкретного товаровиробника, коли частіше вигідніше використовувати вільний в даний період енергозасіб з машинами меншої продуктивності в порівнянні з придбанням нового типу трактора, або шлейфу машин до нього.

При аналізі систем типу НМ поза розглядом залишаються питання адресного вибору оптимальних складів тракторів і шлейфів машин до них для конкретних сільськогосподарських об'єктів різних розмірів і напрямків спеціалізації.

Найбільш численні дослідження проведені з питань оптимізації складу

машинно–тракторного парку великих сільськогосподарських підприємств. Великий внесок у розробку даного напрямку внесли праці В.І. Мінінзона, В.Г. Еникеева, Б.В. Павлова, Э.А. Финна та інших авторів.

Застосовувались різні критерії оптимізації для вибору найвигіднішого режиму роботи двигуна: продуктивність агрегату, витрата палива, приведені витрати, енергоємність процесу, вартість одиниці продукції та інші показники.

Вибір критерію ефективності при обґрунтуванні оптимальних показників і режимів роботи МТА є дуже важливим, оскільки від вибору залежать результати роботи агрегату, ефективність експлуатації.

Відхилення навантаження двигуна вліво або вправо від оптимальної приводить до зниження продуктивності агрегату і його техніко–економічних показників. Наприклад, при зміні ступеню завантаження двигуна на 11 % (з 0,91 до 0,8) підвищується собівартість використання трактора на 16 %. При зміні ж ступеню завантаження двигуна на 23 % (з 0,91 до 0,7) – собівартість підвищується на 35 %.

Оптимальне завантаження двигунів машинно–тракторних агрегатів обґрунтовано в наукових роботах.

Сучасні трактора, як правило, всі оснащені потужними двигунами з високим числом обертів колінчастого валу. Тяговий клас тракторів, якого дотримувалися тракторобудівники, зараз нівелюється. Експлуатаційники раніше комплектували МТА такими сільгоспмашинами, тяговий опір, яких загалом відповідав тяговому класу. Іноземні трактори взагалі класифікуються по інтервалу потужності двигуна, причому у великих межах. Самі ж двигуни мають досить великі коефіцієнти перевантаження.

Тому оптимізація роботи МТА з такими форсованими двигунами повинна проводитися по критерію обчислень реальної роботи. Тим більше в сучасних умовах фермерського ведення сільськогосподарського виробництва власника техніки як найбільше цікавлять питання продуктивності і економічності при використанні техніки, щоб кожен кВт потужності двигуна приносив більшої вигоди.

Нами пропонується критерієм оптимізації (вибору режиму роботи МТА) рахувати мінімальні питомі енерговитрати ($E_{уд}$), які можна визначити з формули:

$$E_{уд} = N_n / (B_p \times V_p) \rightarrow \min, \quad (1.1)$$

де N_n – номінальна потужність двигуна трактора ;

B_p – реальна ширина захвату машинно–тракторного агрегату;

V_p – робоча швидкість МТА.

Статистична обробка попередніх виробничих вимірювань показує, що критерій (1.1) одночасно забезпечуватиме мінімум витрати палива при робочому ході МТА, а також максимум питомої чистої продуктивності агрегату.

З переходом АПК України на ринкові методи господарювання різко зросло число суб'єктів господарювання на селі (таб. 1.1). З'явилися численні сільськогосподарські підприємства різних форм власності, розмірів і напрямків спеціалізації. Більшість з них здійснюють свою діяльність в умовах твердого дефіциту трудових, матеріальних і грошових ресурсів. Неможливість своєчасного поповнення і відновлення ними основних виробничих фондів різко підвищує відповідальність при прийнятті рішень про формування, поповнення, відновлення і використання машинно–тракторного парку.

Таблиця 1.1.

Розвиток фермерства в Україні

	1990	1995	2000	2005	2007	2016	2020	2023	2024
Кількість фермерських господарств, одиниць (з них статично активних)	82	34778	38428	42445	43410	43743 (33682)	46929 (27667)	49567 (21564)	50126 (19665)
Площа землі в користуванні, тис.га									
сільськогосподарських угідь	2,0	786,4	2157,6	3661,2	4198,9	4437,9	4680,1	4824,8	4989,7
у т.ч. ріллі	...	718,5	1994,0	3492,6	4056,2	4297,7	4556,0	4735,8	4874,9

Тісна залежність складів МТП від структури посівних площ, застосовуваних схем сівозмін, розмірів сільгоспідприємств вимагають знання кількісних і якісних показників впливу цих характеристик на формування парку машин.

У ході такого аналізу повинні визначатися границі ефективного застосування засобів механізації, оцінюватися альтернативні варіанти організації використання техніки (власний парк, прокат чи оренда окремих машин, послуги МТС та ін.).

Поява на вітчизняному ринку сільськогосподарської техніки машин закордонних фірм вимагає серйозного аналізу ефективності їх застосування в умовах сільськогосподарського виробництва України з урахуванням істотної різниці в цінах у порівнянні з вітчизняними аналогами. Виконання таких аналітичних досліджень можливо тільки в ході оптимізації складів МТП сільгоспідприємств.

Базовими вихідними показниками, що використовуються при оптимізації складів МТП сільгоспідприємств є продуктивність і витрата палива машинно–тракторних агрегатів на виконанні механізованих робіт.

На практиці при оптимізації комплектування і використання техніки продуктивність машинно–тракторних агрегатів і питома витрата палива на операціях, як правило, визначаються з типових норм виробітку і витрати палива на сільськогосподарські механізовані роботи.

Очевидно, що таке представлення інформації затрудняє підготовку вихідних даних для конкретних моделюємих об'єктів. Крім того, у типових нормах виробітку приводяться значення продуктивностей і витрат палива далеко не по всім агрегатам, що випускаються промисловістю, тому оцінювати техніко–експлуатаційні показники знову створюваних вітчизняних чи закордонних технічних засобів з їх допомогою практично неможливо. До недоліків типових норм виробітку варто також віднести і низьку вірогідність приведених у них даних. Так, проведені розрахунки показують, що орний агрегат на базі трактора МТЗ–80.1 із трьохкорпусним плугом по своїх тягових

характеристиках не може використовуватися на обробці ґрунту з питомим опором 0,05 – 0,06 МПа на глибину 25–27 см, у той час як дані типових норм містять продуктивність такого агрегату на цієї операції і т.п. За останній період розроблені наукові основи формування оптимальних ґрунтообробних систем вітчизняними вченими Я.С.Гуковим, В.О.Дубровіним, Л.В. Погорілим, О.В.Сидорчуком.

Важливим етапом проектування оптимального технічного оснащення рослинництва є оцінка його ефективності. В даний час оцінка економічної ефективності механізованих технологій і комплексів технічних засобів в АПК здійснюється за критеріями приведених витрат чи приросту прибутку.

Обидва ці критерії не можуть вважатися прийнятними, оскільки не враховують фондівдачу основних засобів, тобто не відповідають на запитання: якою ціною досягається ефект від упровадження техніки.

Капіталовкладення сільгоспідприємств у формування машинно–тракторного парку в умовах гострого дефіциту коштів найчастіше здійснюються з залученням комерційного чи банківського кредиту. Існуючі методики оцінки ефективності технічного оснащення сільськогосподарських товаровиробників не розглядають умов повернення кредитних сум або альтернативних вкладень власного капіталу сільгоспідприємств.

Питанням технічного оснащення агропромислового комплексу України, розвитку матеріально–технічної бази господарств і структурних змін на селі за останні роки приділено багато уваги в роботах вітчизняних вчених Л.В.Погорілого, Б.В. Сидорчука, А.Ф. Головчука, М.І.Грицишина, В.П. Яковенка.

Відновлення і поповнення технічного потенціалу АПК, а також його якісна і структурна модернізація, утруднені низькою платоспроможністю більшості сільськогосподарських товаровиробників, відсутністю системи їх пільгового кредитування і державної підтримки, а також низькою ефективністю нових розробок засобів механізації для виробництва продукції рослинництва.

Тому актуальним стає питання підвищення ефективності експлуатації існуючого складу МТП фермерських господарств, для чого проведений аналіз

виробничих умов використання МТА у фермерських об'єднаннях і знайдені прості форми ефективного використання техніки в господарствах малих розмірів.

Для ефективного функціонування технологічних процесів важливе значення мають загальні принципи їх організації:

- найменший вантажооборот матеріалу, продукції і машин;
- безперервність руху оброблювального матеріалу, продукції;
- узгодженість виконання операцій в часі і просторі;
- максимальне завантаження агрегатів (машин) у всіх ланках виробничого процесу, ритмічність операцій;
- впровадження потоковості виконання операцій;
- надійність виробничого процесу.

Безперервність руху обробленого матеріалу дає змогу органі проміжних переміщувальних матеріалів увально-розвантажувальних операцій.

Узгодження операцій за часом означає додержання належних інтервалів часу між ними, наприклад, між внесенням органічних добрив і їх заробкою (оранка) повинен бути розрив не більше двох годин.

Узгодження операцій у просторі передбачає їх відповідність по загінках і площі поля, по довжині гонів, запасу ходу машинно-тракторних агрегатів за технологічною місткістю (шлях МТА до повного завантаження або розвантаження) та витрат часу на завантаження або розвантаження.

Витрата і подача матеріалу при внесенні препаратів (насіння, добрив, отрутохімікатів тощо) та збирання врожаю сільськогосподарських культур є питомим показником, який характеризує технологічні можливості агрегатів. Пропускна здатність робочих органів машини характеризує технічні можливості (продуктивність) агрегату при обробці певної маси матеріалів, продуктів за одиницю часу.

Максимальне завантаження машин у всіх ланках виробничого процесу означає забезпечення найбільшої продуктивності кожної ланки і кожного агрегату у ланці при певному узгодженні їх роботи між собою. Найкраще завантаження агрегатів і ланок досягається тоді, коли вони незалежні між собою за часом і шляхом під час виконання відповідних операцій.

Особливо це стосується при формуванні збирально-транспортних комплексів та організації праці при потоковому методі роботи машинно-тракторних агрегатів як зазначає ряд авторів Ружицький М.А.,Рябець В.І., Кіяшко В.М. та ін.

1.1.2. Оснащеність фермерських господарств технікою

Виробництво сільськогосподарської продукції вимагає значних матеріально-технічних, енергетичних і трудових ресурсів. Однією з причин низької продуктивності праці в сільському господарстві України є недостатня технічна оснащеність особливо фермерство (таб. 1.2). Так енергоозброєність праці знаходиться на рівні 33,6 к.с./чол, а енергозабезпеченість – 442 к.с. на 100 га посівної площі.

Таблиця 1.2.

Наявність сільськогосподарської техніки в фермерських господарствах
(на кінець року; штук)

	2000	2005	2019	2020	2021	2022	2023
Трактори – всього	22118	30773	32443	32576	32029	29254	31981
у розрахунку на 1000 га ріллі	1,11	0,88	0,80	0,78	0,77	0,70	0,76
Комбайни							
зернозбиральні	4585	7688	8573	8734	8662	7743	8492
кукурудзозбиральні	165	429	434	402	371	344	331
кормозбиральні	422	641	638	571	551	558	560
картоплезбиральні	126	209	217	226	238	365	469
Бурякозбиральні машини	617	984	998	929	853	766	728
Сівалки	9982	15115	15963	16157	15990	15453	16984
Жатки валкові	975	2639	2834	2825	2848	2824	3068

В Україні ринок техніки формують як вітчизняні заводи-виробники, так і зарубіжні фірми та їхні представники. Це сприяє великій різноманітності машин. Наприклад, тільки зернозбиральних комбайнів на полях України працює понад 20 марок виробництва різних фірм-виробників. На жаль, такою самою кількістю фірмових центрів технічного обслуговування Україна

похвалитися не може. Відтак, увесь тягар щодо обслуговування машин лягає на власників техніки.

Задля забезпечення сільськогосподарських підприємств технікою вітчизняного виробництва та зменшення їхньої залежності від імпорту Кабінет Міністрів України ще 1992 року затвердив Національну програму виробництва технологічних комплексів машин і обладнання для сільського господарства, харчової та переробної промисловості. Вона містить 3594 найменувань машин, зокрема енергетичних і транспортних засобів — 450, а машин і обладнання для рослинництва — 1440. До виконання цих завдань залучено 700 підприємств і конструкторських організацій. За перші три роки розроблено та освоєно виробництво 340 найменувань нової техніки. На різних стадіях створення й підготовки виробництва — ще понад 1140 машин.

Проте темпи створення й виробництва нової техніки майже втричі відстають від накреслених Програмою. Причина цього — недостатність фінансування, порушення кооперування з промисловими підприємствами країн СНД і потреба в структурній перебудові галузі.

У країнах із ринковою економікою організаційну основу сільськогосподарського виробництва становлять сімейні ферми. В європейських країнах доведено переваги великих господарств або господарств із розвиненою спеціалізацією перед дрібними. І цей важливий висновок неодмінно слід врахувати під час розробки методів використання техніки в сільському господарстві України.

Сільське господарство провідних зарубіжних країн відзначається високим рівнем енергозабезпеченості праці та комплексною механізацією всіх технологічних процесів. Так, на

100 га земельних угідь потужність тракторних двигунів становить: США — 200 к.с.; Німеччина — 540; Велика Британія — 178; Франція — 277; Данія — 293; Україна — близько 100 к.с. Кількість комбайнів на 1000 га посівів зернових культур становить: США — 15; Німеччина — 28; Велика Британія — 14; Франція — 16; Данія — 21; Україна — 6.

Високий технічний рівень, якість і надійність зарубіжних машин доповнюються різноманітністю нових моделей із більшим ступенем уніфікації, які відповідають різним природним умовам і розмірам господарств. Наприклад, у США випускають 345 моделей тракторів, 42 моделі зернозбиральних і 49 — кормозбиральних комбайнів.

Зростання витрат на придбання, утримання та експлуатацію техніки переконує в потребі розробки нових організаційних форм спільного її використання.

Порівняння витрат на виконання механізованих робіт самим господарством і міжгосподарським об'єднанням за однакових умов майже завжди на користь міжгосподарського варіанта (гуртків з обміну технікою, машинних об'єднань, машинних рингів, машино-технологічних станцій тощо) завдяки збільшенню річного завантаження машин.

За оцінками дослідників сільськогосподарського товариства Німеччини, мінімально допустиме річне завантаження потужних енергонасичених тракторів становить 500 год, оптимальне — 600–700. У Великій Британії проводили дослідження ефективності використання тракторів на фермах з угіддями від 100 до 400 га. Спеціалісти відзначають, що найоптимальніші показники мали ферми з угіддями 350–400 га. Тому багато фермерських господарств, особливо дрібних і середніх, часто вдаються до запровадження різноманітних форм організації використання техніки.

Зарубіжний досвід свідчить про доцільність кооперації в сільськогосподарському машиновикористанні. Наприклад, у таких розвинених країнах, як Німеччина, Франція, США, Велика Британія та Канада, від 20 до 70% фермерських господарств охоплено різними формами кооперування для придбання й спільного використання та обслуговування техніки.

Аналіз джерел Державної статистики виявляє пряму залежність рівня тракторо- і машинозабезпеченості зарубіжних ферм від їх розмірів.

Зменшення розмірів фермерських господарств приводить до зростання питомого (на одиницю площі) числа тракторів. Так при зменшенні посівної площі на фермі з 100 до 25 га, тобто в 4 рази, число тракторів скорочується в 1,35 рази, а їх число, що доводиться на 1000 га зростає в 2,95 рази. При цьому

середня потужність трактора на фермі знижується в 1,35 рази, а сумарна потужність що доводиться на 100 га, зростає в 2,18 раз.

У результаті досліджень, проведених різними науковими організаціями встановлено, що засоби механізації складають 85% від усіх капітальних витрат, здійснюваних у фермерських господарствах.

Фермерські господарства Одеської області на кінець 2023 року склали 6041 одиницю і займали площу в 258,3 тис. га, з них рілля займала 240,4 тис. га (табл. 1.3.).

Як видно із табл. 1.3, наявність сільськогосподарської техніки у фермерських господарствах всієї області недостатня, але в структурі господарств забезпеченість технікою дуже нерівномірна.

Проведене обстеження 132 фермерських господарств Одеської області показало нерівномірність забезпечення їх сільськогосподарською технікою.

Так, із загального числа обстежених господарств 6,5% не мають ніякої техніки, 20,9% фермерських господарств не мають тракторів, 61% – комбайнів, 34,9%–вантажних автомобілів і 29,6% – сільськогосподарських машин. З числа обстежених, тільки по одному трактору є в наявності в 4,6% фермерських господарств, 14,5% фермерів мають по одній одиниці сільськогосподарських машин, переважно плуг, культиватор чи сівалку.

Таблиця 1.3

Характеристика фермерських господарств

Параметри	2015	2021	2022	2023
Кількість фермерських господарств, одиниць	4867	5393	5830	6041
Площа сільськогосподарських угідь, в т. ч. ріллі, тис. га.	151,7 142,0	198,7 188,7	219,0 204,9	258,3 240,4
Трактори:всього у розрахунку на 100 га ріллі	1484 1,0	1489 0,8	1830 0,9	1942 0,8
Комбайни:				
зернозбиральні	251	284	355	352
кукурудзозбиральні	19	32	37	51
кормозбиральні	23	14	21	27
бурякозбиральні	18	12	19	24
Сівалки	683	701	844	890
Жатки валкові	30	53	60	85

Повним набором тракторів і сільськогосподарських машин для вирощування і збирання зернових культур забезпечені тільки 2,9% фермерських господарств. У спільному володінні знаходяться тільки 8% тракторів, 19% зернозбиральних комбайнів, 7% вантажних автомобілів і 17% сільськогосподарських машин.

Пошук шляхів ефективного використання техніки і скорочення витрат на її придбання насамперед за рахунок ефективного застосування різних методів міжфермерської кооперації є не приватною задачею окремих фермерів, а державною проблемою великої народногосподарської значимості.

У зв'язку з цим доцільно розглянути яка ефективність використання техніки у фермерських господарствах при індивідуальному її використанні.

1.3. Використання техніки у фермерських господарствах

Дослідження вчених Оклахомського Університету (США), проведені шляхом обстеження 27,5 тис. типових ферм, показали, що у міру збільшення посівної площі підвищується рівень використання тракторів. Так ефективність завантаження тракторів на посівній площі менше 40,5 гектар складає 285 годин, на площі від 203 до 242 гектар – 426 годин, 405...506 гектар – 561 годину, більше 810 гектар – 733 години.

Проведені у Великобританії дослідження показали, що найефективніше використовуються машини на фермах розміром 100...400 га, при цьому мінімальні експлуатаційні витрати одержані на фермах з площею 300...400 га. На фермах меншого розміру спостерігається перенасиченість тракторами і підвищені експлуатаційні витрати.

У різних країнах комплекси машин для фермерських господарств формуються залежно від їх площі. Наприклад, у Німеччині вони розроблені для господарств з посівними площами до 2 га, 2...10, 10...20 і понад 20 га; у Югославії – до 7 га, 7...15, 15...20, більше 20 га; у Фінляндії – до 5га, 5...10, 10...20, 20...50, більше 50 га. У Австрії крупні сімейні ферми з посівною площею більше 45 га, як правило, мають у власності один трактор невеликої потужності (37 кВт), один трактор середньої потужності (54 кВт) і набір машин до них.

Таким чином, аналіз зарубіжного досвіду показує, що технічна база фермерських господарств формується з урахуванням їх розмірів і спеціалізації. При цьому по ефективності використання машин безперечна перевага у великих фермах.

Проведені дослідження дозволяють стверджувати, що гусеничні трактори у фермерських господарствах зайняті на польових механізованих роботах протягом року в середньому 233...315 годин. Фермери використовують їх в основному на оранці, боронуванні, суцільній культивуванні і посіві як на своїх земельних ділянках, так і надають допомогу сусідам та колективним господарствам.

Колісні трактори зайняті на механізованих роботах і транспортуванні вантажів 356...542 години. Крім роботи на своїх земельних і присадибних, ділянках фермери надають допомогу мешканцям села і городянам при оранці та культивуванні городніх ділянок, посадці і збиранню картоплі, відволікаючи на їхнє виконання по 2...3 години щодня в періоди проведення зазначених робіт (навесні і восени).

З урахуванням роботи на своїх земельних ділянках, допомозі сусідам, городникам, а також прокату, плуги і культиватори в фермерських господарствах використовувалися 10...15 днів, сівалки 5...8 днів, зернозбиральні комбайни 12...18 днів на рік. У всіх фермерських господарствах використовувалися тільки одномашинні агрегати.

Через великі відстані земельних ділянок від виробничих баз фермерських господарств фермери витрачають більш 2-х годин на перегін техніки до ділянки і назад.

Відсутність належної бази по обслуговуванню техніки у фермерських господарствах змушує фермерів затрачати від 15 до 23% часу роботи на підготовку машинно-тракторних агрегатів до проведення технологічних операцій. Особливо великі простої тракторів з технічних причин, з необхідності зніматися, вести далеко до районної ремонтної бази та регулювати паливну апаратуру.

У результаті, незважаючи на явне перевищення питомих нормативів по забезпеченості технікою на одиницю площі, наші та інші дослідження

показали, що при цьому у фермерських господарствах виконується тільки від 33 до 53 відсотків необхідних технологічних операцій, передбачених технологіями обробки і збирання сільськогосподарських культур та технологічних карт.

З вищевикладеного видно, що основні специфічні особливості використання техніки у фермерських господарствах полягають у наступному:

1. Невідповідність обсягів механізованих робіт і технічного оснащення для їхнього виконання. У великих господарствах цей фактор також має місце, але може бути локалізований застосуванням технічних засобів, подібних по технологічному призначенню. У фермерських господарствах він буде присутній практично постійно: неможливо в рамках окремого самостійного фермерського господарства технічно забезпечити технологію обробки всіх культур, необхідних для реалізації прийнятих сівообертів.

2. Недолік кваліфікації фермерів з питань експлуатації, ремонту й обслуговування машинно–тракторного парку. Це визначається соціальним складом нинішніх фермерів, серед яких, наприклад, у Одеській області, 24% раніше не працювали в сільськогосподарському виробництві і ще 22% мають сільськогосподарський стаж до 5 років. З числа сільських жителів, що стали фермерами, тільки 20% голів фермерських господарств мають кваліфікацію тракториста–машиніста.

3. Низька інтенсивність використання технологічних машин, тому що виконується невеликий обсяг однотипних механізованих робіт і відсутні комбіновані сільськогосподарські машини.

4. Відсутність виробничо–технічної інфраструктури по забезпеченню працездатного стану машин і механізмів, технічного і технологічного забезпечення польових механізованих робіт.

Розглядаючи традиційні способи підвищення продуктивності машинно–тракторних агрегатів, слід зазначити, що в рамках індивідуального фермерського господарства практично неможливо забезпечити при недоліку кваліфікованих механізаторів двох чи трьохзмінну роботу агрегатів. У той же час, по своїх фізіологічних можливостях людина не в змозі зберігати нормальну працездатність більш ніж 10...12 годин на добу.

Кардинальним рішенням цієї проблеми, найважливішим резервом економії матеріально-технічних і фінансових засобів у фермерському господарстві є концентрація техніки при її використанні.

У зв'язку з цим необхідне наукове пророблення і виробнича апробація різних методів міжфермерської кооперації при використанні техніки.

1.4. Практика спільного використання техніки

Найпростішою організаційною формою використання техніки є сусідська взаємна допомога — усна домовленість між кількома фермерами щодо спільного користування купленим новим і використовуваним обладнанням.

Машинні ринги — це форма об'єднання фермерських господарств для спільного використання сільськогосподарської техніки та надання механізованих послуг стороннім організаціям. Зазвичай машинний ринг не має власних машин, вони належать окремим членам. Ринг є посередником в організації використання машин його членами. Найбільшого поширення машинні ринги набули в Німеччині та Австрії.

Головна мета об'єднання — поліпшення використання машин, а не одержання прибутку. Об'єднання можуть бути різними. Наприклад у Німеччині, об'єднання складаються із 100–1000 осіб, всі види розрахунків за виконані роботи тут здійснюють через управління рингом.

Більшість господарів послугами рингів користуються тоді, коли потрібні на деякий час дорогі та високопродуктивні або спеціальні машини. Крім того, машинні ринги надають робочу силу в найгарячішу пору сільгоспробіт.

У деяких країнах, зокрема у Франції та Польщі, найбільшого поширення набули кооперативи із спільного використання сільськогосподарської техніки. Машини, які перебувають у розпорядженні кооперативів, зазвичай, є колективною власністю, а вже на замовлення фермерів найманий персонал виконує на них потрібні роботи. Фінансують кооперативи з трьох джерел: позика, дотації і власний капітал.

Кооперативи — серйозні конкуренти підприємствам, які надають механізовані послуги. Причому в цій боротьбі вони мають певну перевагу, бо не платять професійний податок і користуються іншими пільгами.

Для спільного використання техніки створюються також машинні пули — об'єднання фермерів для спільного придбання машин. У великих машинних пулах (50–100 членів) наймають спеціалістів для керування та утримання техніки.

У країнах Західної Європи є велика кількість самостійних підприємств, що надають механізовані послуги (основний обробіток ґрунту, внесення добрив, збирання врожаю тощо). Наприклад, орієнтовна вартість окремих механізованих робіт у Великій Британії становить (у фунтах стерлінгів/га); оранка — 21–30; сівба — 10–24; хімічна обробка — 5–9; внесення добрив — 5–8; збирання врожаю — 30–50.

В умовах значного подорожчання сільськогосподарської техніки у багатьох розвинених країнах широко використовують такі форми застосування техніки, як прокат і оренда. Пункти прокату чи оренди дають можливість раціонально використовувати складну дорогу техніку й повніше задовольняти потреби споживачів, економити кошти та матеріальні ресурси.

У багатьох країнах світу забезпечення виробників сільськогосподарської продукції технічними засобами виробництва здійснюють через постачально-збутові кооперативи. Крім постачання машин, палива, добрив, пестицидів, вони надають механізовані послуги.

Один із перспективних способів забезпечення сільськогосподарського виробництва машинами та обладнанням — лізинг. Він є формою довгострокового фінансування й майнового кредиту, окремі його види схожі з продажем майна на виплат та прокатом. Лізингодавець стає посередником між виробником, якому треба одержати повну вартість своєї продукції (машини), і споживачем, який не має на це коштів.

У розвинених країнах лізингові операції здійснюють спеціалізовані лізингові компанії та великі комерційні банки.

Близько 90% компаній-виробників організовують продаж, гарантійне технічне обслуговування машин і постачання запасних частин через мережу незалежних дилерських пунктів. Компанія продає техніку із знижкою 10–30% залежно від попиту на машини. Знижка розрахована на покриття витрат, пов'язаних із транспортуванням придбаної техніки, організацією її продажу,

обслуговуванням під час експлуатації, гарантійним ремонтом, а також передбачає можливий прибуток.

З огляду на подорожчання нової техніки дедалі більшого поширення набуває вторинний ринок машин. У сільськогосподарських товаровиробників Великої Британії, Франції, Німеччини, США на один куплений новий трактор припадає три-чотири використуваних. Іноземні товаровиробники значну частину сільськогосподарських машин купують на вторинному ринку техніки. Так, наприклад, ринок використуваних комбайнів у США втричі перевищує ринок нових машин. Крім того, використувані машини часто розбирають і реалізують у вигляді запасних частин.

У країнах Західної Європи приблизно 50% робіт фермерські господарства виконують тракторами, придбаними на вторинному ринку техніки. Основним продавцем такої техніки є дилерські підприємства, які мають можливість провести якісну допродажну її підготовку, забезпечити належне технічне обслуговування, а в разі потреби — й ремонт.

Високі ціни на техніку і неплатоспроможність сільських товаровиробників паралізували роботу машинобудівних підприємств. Цьому сприяла також державна політика порушення паритету цін на сільськогосподарську та промислову продукцію. Це призвело до старіння основних фондів, стало на заваді впровадженню новітніх технологій у рослинництві, особливо у новостворених господарствах.

Наукові пошуки та практика свідчать: комплексну механізацію процесів у сільському господарстві доцільно здійснювати з допомогою кооперації товаровиробників у використанні техніки та створення спеціалізованих інженерних структур прокату й оренди машин.

За сучасних умов, коли гостро відчувається нестача техніки в сільському господарстві, на увагу заслуговують усі позитивні форми її ефективного використання. Доцільно послуговуватись досвідом механізованих загонів і збирально-транспортних комплексів зі збирання зернових, заготівлі кормів, виконання інших енергоємних робіт.

Концентрація збиральної і транспортної техніки в одному підрозділі, чітке її обслуговування та оперативний ремонт сприяють збільшенню річного

завантаження техніки, зниженню простоїв, значно збільшують виробіток, поліпшують якість робіт, організацію праці механізаторів. Такий метод уже застосовують у деяких областях України, вдвічі-втричі підвищуючи ефективність використання техніки.

Колективне використання сільськогосподарської техніки набуває особливого значення після реорганізації колгоспів і радгоспів в акціонерні товариства, спілки, фермерські та селянські господарства.

Лише впровадження в сільськогосподарське виробництво потужних енергонасичених тракторів та високопродуктивних збиральних комбайнів і негайний перехід на прогресивну технологію призупинять тривалий спад в аграрному секторі.

Українські господарники вже купують зарубіжні зерно-, кормо- і бурякозбиральні машини. За базовими параметрами багато закуплених зернозбиральних комбайнів аналогічні комбайну “ДОН-1500”, але вони мають досконаліші техніко-експлуатаційні показники роботи, вищу технічну готовність. Зокрема, для зарубіжних зернозбиральних комбайнів наробіток на відмову пересічно становить 100–120 год. Для порівняння, в комбайнів “ДОН-1500” цей показник не перевищує 12 годин. Високі технічні параметри комбайнів дають змогу вдвічі-втричі зменшити втрати врожаю і на 15–20% знизити витрату палива.

За розрахунками Інституту механізації та електрифікації сільського господарства УААН, форма спільного придбання та використання техніки найперспективніша там, де кілька господарств розміщені поблизу і мають приблизно однакові обсяги робіт, а їхній загальний обсяг робіт — у межах нормативного річного завантаження техніки.

Розмір вкладених коштів у придбання техніки кожним із господарств, які кооперуються, визначають за обсягами робіт у господарстві для цієї техніки або запланованого часу її використання. Черговість і період використання спільно придбаної техніки, а також умови її зберігання й утримання вказують у договорі, який укладають господарства. Зазвичай, техніку зберігають та обслуговують у тому господарстві, в якому вона виконує роботи. За тривалого зберігання може перебувати в тому господарстві, де для цього найкращі умови.

Іншою організаційною формою спільного використання машин є оренда й прокат. Це форма кооперування, за якої техніка надається в користування іншим господарствам за певну плату. Таку форму, на думку фахівців, можна застосовувати тоді, коли фермер, кооператив, асоціація, агропромислове підприємство чи об'єднання має відповідну ремонтно-обслуговуючу базу для утримання прокатної техніки, але обсяги робіт недостатні (60–80% нормативу) для її повного завантаження. В оренду чи прокат техніку надають відповідно до угоди, в якій зазначено термін її використання, обсяги робіт, тарифи оплати, обов'язки та відповідальність сторін.

На умовах оренди та прокату можуть функціонувати машинні станції, які цілком незалежні. Вони є перспективною формою прокату високопродуктивних і вузькоспеціалізованих машин, які призначені для застосування в певний період і не можуть бути ефективно використані в одному чи навіть у кількох господарствах.

Всю роботу зі складання планів-графіків обслуговування, видачі та приймання прокатної (орендної) техніки, її високоефективної експлуатації, зберігання, а також обліку зробленого виконує персонал машинної станції, а всі взаємини між орендодавцем і замовниками регламентують згідно з Положенням про машинну станцію чи пункт прокату, яке розробляють самі станції або підприємства, при яких вони створені.

Ще одна з форм спільного використання техніки — тимчасові міжгосподарські формування. Їх варто створювати тоді, коли слід сконцентрувати техніку для забезпечення потоковості й безперервності виробничого процесу та додержання всіх вимог агротехніки. Такі тимчасові формування можна організовувати на базі кооперації кількох господарств, включаючи до них машини разом з операторами із тих господарств, де передбачається виконувати роботу.

Актуальною стає проблема ефективного використання високопродуктивної дорогої та вузькоспеціалізованої техніки. Фахівці переконалися, що використання імпоротної техніки дає найбільшу віддачу тоді, коли застосовують повний набір машин для всього технологічного циклу. Провели детальні розрахунки та виробили модель нової виробничої структури,

яка дістала назву машинно-технологічна станція (МТС). Одна така станція має обробляти 15–20 тис. га землі. Хоча в Україні є чимало противників закупівлі дорогої імпоротної техніки, але спеціалісти сільського господарства вже зрозуміли, що швидко освоїти випуск досконалих вітчизняних машин в умовах фінансової кризи — нереально. До цього можна додати, що з новими машинами приходить і нова технологія, яка гарантує підвищення врожаю.

Основними перевагами створення МТС є: поповнення та оновлення МТП галузі; підвищення рівня використання техніки вдвічі-втричі під час організації широкомасштабного маневрування й рейдування механізованих загонів, створюваних регіональними МТС; скорочення втрат сільськогосподарської продукції на 15–30% завдяки високій якості збирання врожаю новітньою технікою; зменшення потреб у техніці завдяки високій продуктивності сучасних машин, які вдвічі-втричі перевищують виробіток застарілих технічних засобів, що є в наявності у селянських і фермерських господарствах.

Економічна доцільність використання техніки в умовах машинно-технологічних станцій зумовлена такими чинниками:

- обсяги робіт в окремих господарствах недостатні для ефективного її використання;
- технологія виконання сільськогосподарських робіт потребує концентрації техніки в такій кількості, яку одному господарству утримувати не вигідно;
- дефіцит або висока вартість техніки не дає можливості кожному господарству її придбати.

В Україні створено понад 100 машинно-технологічних станцій із різним рівнем технічної оснащеності.

На наших полях упродовж багатьох років успішно працюють зерно- та кормозбиральні комбайни в складі загонів МТС. Досвід, набутий цими загонами, доводить, що ефективність їхньої роботи значно вища за ту, яку здатні самотужки забезпечити окремі господарства, навіть передові.

Передусім, це невелика вартість послуг за високої якості роботи. Концерн укладає угоди, згідно з якими одержує в рахунок оплати 18–20% загального обсягу зібраного врожаю. Вигідність для сільгоспідприємств є очевидною і

безсумнівною. Господарствам не треба думати про забезпечення техніки паливом, оливами, запасними частинами тощо. МТС має спеціальний технічний відділ, який постачає запчастини. Його спеціалісти реагують на виклик майже миттєво.

Загони МТС — це мобільні центри, де можна сконцентрувати технічні засоби та забезпечити належний сервіс. МТС, які були в середині минулого століття в колишньому СРСР, свою історичну місію як центри інтенсивного використання техніки на певному етапі розвитку сільського господарства виконали, а в зарубіжних країнах кооперовані форми експлуатації техніки використовують постійно. Наприклад у Німеччині, створено понад 10 тисяч приватних міні-МТС, які обробляють 500-1000 га, а іноді й понад 1000 га посівів за контрактами з фермерами чи кооперативами. Зарубіжний досвід варто перейняти й Україні.

Використання високоефективної техніки гарантує проведення всіх сільськогосподарських робіт в оптимальні агротехнічні строки, дає змогу використовувати в єдиному технологічному процесі нову техніку, високоякісне насіння, мінеральні добрива, засоби захисту рослин, виконувати заходи щодо збереження якості й переробки отриманої продукції. Це забезпечує збільшення врожаїв, зниження собівартості продукції та підвищення її конкурентоспроможності. Нові машини дають можливість значно підвищити культуру рільництва на найближчу й подальшу перспективу.

Для створення машинно-технологічної станції і досягнення нею добрих результатів у діяльності важливе значення має ґрунтова розробка бізнес-плану.

В ньому визначають такі основні положення:

- форма власності;
- співзасновники МТС;
- розмір і структура статутного фонду МТС;
- основні положення установчого договору;
- основні положення статуту;
- організаційна структура та управління МТС;
- матеріальна база МТС та її структура;
- організація виробництва та обслуговування;
- інвестиції, фінанси та постачання;

- організація економічних взаємин і розрахунків;
- організація праці та її оплати.

Сучасний ринок сільськогосподарської техніки пропонує широкий вибір машин різного призначення вітчизняного й зарубіжного виробництва та різні форми її придбання. Для МТС важливо не лише на вигідних умовах купити техніку, а й враховувати її ефективність, всі її експлуатаційні можливості.

Придбання складних комплексів сучасної техніки потребує спеціального аналізу її роботи та складання бізнес-плану. Перш ніж купувати машину, слід визначитися за такими аспектами:

відповідність її вимогам МТС щодо продуктивності та технічного рівня (надійність, довговічність). Краще мати деякий запас стосовно продуктивності, хоча це може дещо збільшити витрати; наявність гарантії та системи технічного сервісу. Слід з'ясувати, хто конкретно і за чий рахунок обслуговуватиме машину протягом гарантійного строку і по його закінченні, як здійснюватиметься забезпечення потрібними запасними частинами; умови продажу машин, зокрема лізингу, тобто виплати вартості машини протягом усього строку її використання; узгодженість у технологічних лініях з роботою інших машин комплексу та річний виробіток (завантаження); який очікуваний розрахунковий прибуток одержить МТС від використання конкретної машини.

Важливе значення має добір складу машин для МТС за маркою, продуктивністю, рядністю, причому як універсальних, так і спеціалізованих. Основу ж машинно-тракторного парку завжди становлять передусім енергетичні засоби, тобто трактори та самохідні комбайни, а також робочі машини. Саме від них великою мірою залежать строки виконання робіт, дотримання агротехнічних вимог, якість виконання технологічних операцій тощо.

Вивчення ринку тракторів засвідчило, що на сучасному етапі ринкових перетворень сприятливіші обставини складаються для вітчизняних виробників тракторів. Вони пов'язані насамперед із доступністю цін для споживачів, хоча й викликають серйозні нарікання щодо надійності.

Незаперечним є той факт, що для вчасного виконання робіт доцільно комплектувати МТС потужними енергонасиченими тракторами, які забезпечать виконання механізованих технологічних операцій широкозахватними агрегатами на підвищених швидкостях відповідно до агротехнічних вимог.

Робота машинних агрегатів, скомплектованих із енергонасиченими тракторами, на підвищених швидкостях призводить до істотних змін чинників, які визначають ефективність та якість їх використання. Із підвищенням швидкості руху та за збереження тягово-зчіпних властивостей збільшується загальний опір сільськогосподарських знарядь. І все ж таки підвищення робочих швидкостей дає змогу виконати встановлений обсяг робіт меншою кількістю агрегатів. Отже, є можливість зменшити загальну потребу в техніці й механізаторах і скоротити термін виконання тих чи інших польових робіт.

Використання енергонасичених тракторів дає можливість підвищити продуктивність агрегатів не тільки завдяки зростанню робочих швидкостей, а й завдяки збільшенню ширини захвату. Дворазове збільшення продуктивності може бути забезпечене в разі збільшення робочої ширини захвату агрегату вдвічі. При цьому питомий опір ґрунту, а відповідно, й витрата палива та інші експлуатаційні витрати залишаються незмінними.

Для кращого використання енергонасичених тракторів у складі машинно-технологічних станцій потрібно: мати повну комплектацію сільськогосподарських машин; технічні обслуговування та ремонти проводити тоді, коли трактори найменше завантажені; враховуючи складність конструкції енергонасичених тракторів (насамперед гідравлічна система та електрообладнання), організувати періодичні заняття для підвищення кваліфікації механізаторських кадрів, які працюють на цих тракторах; мати в МТС потрібну кількість запасних частин.

Із переходом на нові прогресивні технології вирощування та збирання сільськогосподарських культур стали активно запроваджувати поєднання технологічних операцій. Трактори малої потужності не завжди можуть працювати на енергоємних процесах, коли за один прохід виконується кілька технологічних операцій. Найчастіше комбіновані агрегати працюють на основному та передпосівному обробітку ґрунту й сівбі польових культур. Саме

на таких роботах доцільно використовувати енергонасичені трактори середньої та високої потужності.

У разі комплектування машинно-тракторних станцій іноземною технікою вона може мати перевагу над вітчизняною щодо вартості виконання робіт лиш за відповідного річного завантаження.

Таким чином не можна стверджувати, що спільне використання техніки є простою задачею, що не потребує серйозного наукового пророблення. Особливо актуально зазначене твердження для сучасних умов нашої країни, де фермерський рух знаходиться поки ще в стадії становлення. Разом з тим, ступінь актуальності цієї проблеми прямо залежить від умов діяльності і рівня технічного оснащення фермерських господарств.

Спільне використання техніки дозволяє поліпшити техніко– технологічні показники її використання за рахунок збільшення площі, що оброблюється використання відповідно широкозахватних агрегатів, організації двох і більш змінної роботи, можливості застосування більш продуктивних та нетрадиційних енергозасобів, значного зменшення часу простоїв агрегатів з технічних причин.

3. В умовах нашої країни широкого поширення спільне використання техніки поки не одержало, незважаючи на те, що об'єктивна потреба в цьому дуже велика. Саме про це свідчить той факт, що реальна потреба в техніці, з урахуванням специфіки її використання в фермерських господарствах, задоволена лише на 33,7%. Тому у фермерських господарствах виконуються лише 42% технологічних операцій, при цьому в агротехнічний термін проводяться лише 31,7% з числа робіт, що виконуються.

Автотранспортні підприємства, що обслуговують агропромисловий комплекс, фермерські господарства, та підприємства різних форм господарювання, які мають автомобілі, не використовують їх в якості тягових при виконанні польових робіт

Наукова розробка питань спільного використання техніки у фермерських господарствах, обґрунтування комплексу машин для виконання польових механізованих робіт є вкрай актуальною науковою і практичною задачею.

2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЕХНІКИ У ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВАХ

2.1. Підвищення ефективності експлуатації фермерської техніки за рахунок спільного використання

2.1.1. Визначення площі, що оброблюється агрегатом в агротехнічний термін в умовах фермерських господарств

Площа, що оброблюється агрегатом за агротехнічний термін (F), визначається з виразу:

$$F = Q_0 \cdot D_a = W_z \cdot T_0 \cdot D_a, \quad (2.1)$$

де Q_0 – обсяг роботи, яка виконана агрегатом за добу, га;

D_a – агротехнічний термін на виконання даної технологічної операції, дн;

W_z – продуктивність агрегату за 1 годину роботи, га/год;

T_0 – час роботи агрегату протягом доби, год.

Якщо виразити W_z через продуктивність агрегату за одну годину основного часу (W_o) протягом доби, одержимо наступну формулу :

$$W_z = (W_o \times T_1) / T_0, \quad (2.2)$$

де T_1 – час основної роботи агрегату за добу, год.

Продуктивність агрегату (W_o) визначається основними параметрами машинно–тракторного агрегату: шириною захвату і швидкістю у виді наступного аналітичного виразу:

$$W_o = 0.36 \cdot n_m \cdot B_k \cdot \beta_k \cdot V_m \cdot \xi_v, \quad (2.3)$$

де n_m – кількість машин в агрегаті;

B_k – конструктивна ширина захвату машини, м;

V_m – теоретична швидкість руху агрегату, м/с;

β_k, ξ_v – відповідно коефіцієнти використання конструктивної ширини захвату і теоретичної швидкості руху агрегату.

Час основної роботи машинно–тракторного агрегату протягом доби визначається за формулою:

$$T_1 = T_\delta - (T_{\delta on} + T_{nz} + T_{обс} + T_{вон} + T_n), \quad (2.4)$$

де T_δ – добова зайнятість фермера на виконанні польових механізованих робіт, год;

$T_{\delta on}$ – допоміжний час, год;

T_{nz} – підготовчо–заклучний час, год;

$T_{обс}$ – час організаційно–технічного обслуговування агрегату на загоні, год;

$T_{вон}$ – час регламентованих перерв на відпочинок і особисті потреби, год;

T_n – простої з організаційних і метеорологічних причин, год.

Допоміжний час при виконанні технологічних операцій T_n , згідно, включає витрати часу на:

- холості повороти і заїзди в загін ($T_{\delta on1}$);
- холості ходи, обумовлені складною конфігурацією ділянки, наявністю перешкод на ньому, рельєфом, ($T_{\delta on2}$);
- переїзди до місця завантаження (вивантаження) технологічного матеріалу (продукту) і назад в загін ($T_{\delta on3}$);
- завантаження (заправлення) технологічного матеріалу (насіння, добрив), вивантаження з бункера продукції, що збирається, зміну транспортних засобів ($T_{\delta on4}$);
- переїзд із ділянки на ділянку за час роботи протягом доби ($T_{\delta on5}$);
- холостий хід ($T_{\delta on6}$);
- підйом і опускання маркерів, виглиблення і заглиблення робочих органів, висадження і посадка обслуговуючого персоналу при поворотах ($T_{\delta on7}$).

Коефіцієнт витрат часу на допоміжні операції ($K_{\delta on}$), елементи якого визначаються на основі даних фотохронометражних спостережень, дорівнює:

$$K_{\delta on} = K_{\delta on1} + K_{\delta on2} + K_{\delta on3} + K_{\delta on4} + K_{\delta on5} + K_{\delta on6} + K_{\delta on7}, \quad (2.5)$$

де кожен коефіцієнт допоміжної роботи K_{don1} і т.п. визначається відношенням його чисельного значення до часу основної роботи, наприклад:

$$K_{don1} = T_{don1} / T_1 \text{ і т.д.}$$

До часу виконання підготовчо–заключної роботи (T_{nz}), згідно відноситься час на:

- проведення щозмінного технічного обслуговування машинно–тракторного агрегату ($T_{цто}$);
- проведення планового технічного обслуговування машинно–тракторного агрегату ($T_{нто}$);
- підготовку агрегату до переїзду і до роботи після переїзду (T_{nn});
- переїзди на ділянку і назад на початку та в кінці роботи (T_{nnx});
- агрегування сільськогосподарської машини з енергозасобом (T_a);
- проведення налагодження і регулювання (T_{np});
- переналагодження агрегату при переході з однієї технологічної операції на іншу, заміну робочих органів (T_{na});
- підготовку ділянки до роботи: відбиття загонів, поворотних смуг, обкоси (T_{nd}).

Величини елементів витрат часу підготовчо–заключної роботи визначаються також на основі даних фотохронометражних спостережень.

Коефіцієнт витрат часу підготовчо–заклучної роботи (K_{nz}) визначається аналогічно K_{don} із виразу:

$$K_{nz} = K_{цто} + K_{нто} + K_{nn} + K_{nnx} + K_a + K_{np} + K_{na} + K_{nd}, \quad (2.6)$$

$$\text{де } K_{nz} = T_{nz} / T_1 \quad (2.7)$$

Інші коефіцієнти елементів витрат часу підготовчо–заклучної роботи ($K_{цто}$, $K_{нто}$ і т.п.) визначаються аналогічним чином.

Час на проведення планових заходів щодо щозмінного технічного обслуговування визначається підсумовуванням витрат часу на обслуговування

трактора, зчіпки і сільськогосподарської машини чи машин, що складають даний агрегат.

Час періодичного технічного обслуговування містить у собі час на проведення планових заходів щодо періодичного (сезонного) технічного обслуговування агрегату.

До часу організаційно–технічного обслуговування агрегату на загоні ($T_{обс}$) відносяться витрати часу на:

- пошук та усунення технічних несправностей на робочому місці або на машинному дворі ($T_{мн}$);
- пошук та усунення забивань робочих органів машин ($T_{ну}$);
- перевірку якості роботи ($T_{як}$);
- технологічні регулювання ($T_{мп}$).

За даними обробки листів фотохронометражних спостережень визначаються витрати часу кожного елемента організаційно–технічного обслуговування агрегату і розраховуються однойменні коефіцієнти по наступним виразам:

$$K_{ну} = T_{ну} / T_1, K_{мн} = T_{мн} / T_1 \text{ і т.д.} \quad (2.8)$$

Коефіцієнт витрат часу на організаційно–технічне обслуговування агрегату визначається як сума коефіцієнтів елементів витрат:

$$K_{обс} = K_{ну} + K_{мн} + K_{як} + K_{мп}, \quad (2.9)$$

Час на одну перевірку якості робіт ($t_{як}$) визначають за даними спостережень, а кількість перевірок (n) за час роботи агрегату на протязі доби приймають відповідно до прийнятої технології обробки культури.

$$T_{як} = t_{як} \cdot n, \quad (2.10)$$

Аналогічно визначається час технологічних регулювань:

$$T_{мп} = t_{мп} \cdot n, \quad (2.11)$$

Час регламентованих перерв ($T_{вон}$) складається з часу на особисті потреби ($T_{он}$), часу на відпочинок ($T_{від}$) і часу прийому їжі ($T_{їжі}$), тобто

$$T_{\text{вон}} = T_{\text{від}} + T_{\text{он}} + T_{\text{іжсі}}, \quad (2.12)$$

Регламентовані перерви часу характеризуються коефіцієнтом K^{\wedge} , що визначається з виразу: $K_{\text{вон}} = T_{\text{вон}} / T_1$.

Коефіцієнт простоїв машинно–тракторних агрегатів з метеорологічних умов (K_m) знаходимо за коефіцієнтом використання добового часу з метеоумов (K_n) по виразу:

$$K_m = K_n^{-1} - 1, \quad (2.13)$$

Значення коефіцієнта K_n установлені дослідженнями по кліматичним зонам і декадам місяців року проведення польових робіт.

Відповідно час простоїв машинно–тракторних агрегатів з метеорологічних умов визначається наступною формулою: $T_m = T_d \cdot K_m$

Час простоїв машинно–тракторних агрегатів по організаційним причинам, викликаним відсутністю насіння, добрив, ПММ, а також технологічного транспорту і допоміжних робітників, невідповідністю ділянки визначається в результаті фотохронометражних спостережень і характеризується однойменним коефіцієнтом K_o . Він визначається відношенням часу простоїв агрегату до часу основної роботи ($T_0 \setminus T_1$).

Коефіцієнт використання добової тривалості роботи машинно–тракторного агрегату, враховуючи формули (2.5, 2.6, 2.9, 2.12, 2.13), визначається з наступного виразу:

$$K_d = (1 + K_{\text{дон}} + K_{\text{нз}} + K_{\text{обс}} + K_{\text{вон}} + K_m + K_o)^{-1}, \quad (2.14)$$

Згідно балансу часу (2.4) і його елементів (2.5, 2.6, 2.9, 2.12, 2.13), була складена класифікація витрат часу використання машинно–тракторного агрегату протягом доби у фермерських господарствах (рис.3.2).

Дослідженнями установлено, що на продуктивність машинно–тракторних агрегатів впливають кваліфікація і стаж роботи фермера на тракторі, причому цей вплив різний при виконанні різних технологічних

операцій (наприклад, на посіві вище, ніж на прикочуванні), що повинно враховуватися спеціальним коефіцієнтом $K_{\text{кф}}$.

Продуктивність машинно–тракторних агрегатів залежить також від тривалості безупинної роботи протягом доби. Дослідження праці трактористів–машиністів при виконанні ними різних технологічних операцій показало, що до кінця робочого дня продуктивність агрегатів знижується приблизно на 20.25%. Зниження продуктивності агрегату через збільшення часу його використання протягом доби проти фізіологічно припустимої тривалості безупинної роботи виконавця (не більш 7 годин) будемо характеризувати коефіцієнтом τ .

Доповнюючи формулу 2.14 розглянутими вище коефіцієнтами ($K_{\text{зн}}$ і $K_{\text{кф}}$), одержимо формулу для визначення сукупного коефіцієнта (K_c), що враховує повноту використання продуктивності машинно–тракторного агрегату, добову тривалість його роботи, календарний період виконання технологічних операцій і професійний рівень фермера:

$$K_c = \left(1 + K_{\text{дон}} + K_{\text{нз}} + K_{\text{обс}} + K_{\text{вон}} + K_m + K_o + K_{\text{зн}} + K_{\text{кф}}\right)^{-1}, \quad (2.15)$$

З урахуванням сукупного коефіцієнта D формула (2.3) прийме наступний вигляд:

$$W_2 = W_o \cdot K_c = 0.36 \cdot n_m \cdot B_k \cdot \beta_k \cdot V_m \cdot \xi_v \cdot K_c, \quad (2.16)$$

Продуктивність комбайна на підборі зернових з валка за одну годину роботи протягом доби (D) з обліком визначається за формулою:

$$W_2 = (3,6 \cdot q_k \cdot K_c) / U \cdot (1 + x), \quad (2.17)$$

де q_k – розрахункова пропускна здатність молотарки, кг/с;

U – врожайність культури, що збирається, т/га;

ξ – відношення маси незернової частини врожаю до маси зерна.

На підставі вищевикладеного можна визначити кількість машинно–тракторних і комбайнових агрегатів, необхідних у фермерському господарстві:

$$n_a = 2.87 \cdot F_\phi / (n_m \cdot B_k \cdot \beta_k \cdot V_m \cdot K_c \cdot T_\phi \cdot D_a), \quad (2.18)$$

де n_a – кількість агрегатів, шт;

F_ϕ – обсяг робіт з даної технологічної операції у фермерському господарстві, га.

Кількість комбайнових агрегатів з урахуванням виразу (2.17) визначається за формулою:

$$n_a = 0.28 \cdot F_\phi \cdot U \cdot (1 + x) / (q_k \cdot K_c \cdot T_\partial \cdot D_a), \quad (2.19)$$

На продуктивність машинно–тракторного агрегату (W_0) в умовах фермерського господарства також впливають розміри оброблюваної ділянки (довжина гону), кут схилу, висота над рівнем моря, складність конфігурації.

При індивідуальній роботі фермера цей вплив постійний і розгляд його недоцільний. Однак при спільному виконанні технологічних операцій декількома фермерами разом, коли їхні ділянки розташовані поруч, спостерігається реальна можливість змінити довжину гону агрегату, що веде до помітного збільшення продуктивності.

Таким чином, знаючи обсяг робіт, годинну добову продуктивність агрегату, агротехнічні терміни виконання конкретної технологічної операції, основні експлуатаційні характеристики агрегату, можна визначити площу обробки даним агрегатом:

$$F = 0.36 \cdot n_m \cdot B_k \cdot \beta_k \cdot V_m \cdot \xi_v \cdot T_\partial \cdot K_c \cdot D_a, \quad (2.20)$$

Площа, що збирається одним комбайном, розраховується по наступній формулі:

$$F = (3.6 \cdot q_k \cdot K_c \cdot T_\partial \cdot D_a) / U_m (1 + x), \quad (2.21)$$

Враховуючи формули (2.20, 2.21), визначимо число фермерських господарств (n_x) при спільному використанні техніки, в яких можливе виконання конкретної технологічної операції даним агрегатом. Для машинно–тракторних агрегатів :

$$n_x = (0.36 \cdot n_m \cdot B_k \cdot \beta_k \cdot V_m \cdot \xi_v \cdot T_\partial \cdot K_c \cdot D_a) / F_\phi, \quad (2.22)$$

Для комбайнового агрегату:

$$n_x = (3.6 \cdot q_k \cdot K_c \cdot T_\partial \cdot D_a) / [U \cdot (1 + x) \cdot F_\phi], \quad (2.23)$$

2.1.2. Обґрунтування доцільності паралельного виконання польових механізованих робіт для підвищення ефективності експлуатації техніки

Цілком очевидно, що при незмінному загальному обсязі робіт у залежності від прийнятого методу їх проведення буде змінюватися їх частка, яка буде виконана в рамках агротехнічно припустимого терміну. Як показав аналіз стану питання, одним з ефективних методів підвищення частки робіт, що виконуються в агротехнічний термін, є перехід від послідовного до паралельного методу їх виконання.

У рамках індивідуального використання техніки у фермерських господарствах переважно застосовується послідовний метод виконання робіт. Наприклад, спочатку виконується культивація, для якої існує свій оптимальний агротехнічний термін, потім сівба, за ним прикочування, чи боронування. В цілому для одного фермера з одним трактором загальний термін збільшується, що часто приводить до порушення агротехнічних вимог. При різних методах спільного використання техніки з'являється реальна можливість переходу до паралельного методу проведення механізованих робіт. При цьому цілком природно є те, що тривалість використання агрегатів у рамках агротехнічного терміну при паралельному методі використання техніки більше, ніж при послідовному. А якщо польові роботи у декількох фермерів виконувати по потоково–цикловому методу, то навантаження на агрегат збільшується і об'єм виконаних польових механізованих робіт зростає.

Приймемо, що при послідовному виконанні робіт обсяг робіт (F), який виконується даним агрегатом у межах агротехнічного терміну, складе:

$$F = W_{\text{д}} \times D_{\text{а}}, \quad (2.24)$$

де F – площа, яка оброблена даним агрегатом, га;

$W_{\text{д}}$ – добова продуктивність агрегату, га/доб;

$D_{\text{а}}$ – тривалість використання агрегату в межах агротехнічного терміну при послідовному виконанні робіт, дн.;

Тоді при паралельному використанні техніки обсяг робіт, який виконується цим же агрегатом, складе:

$$F^* = W_{\partial} \times D_a, \quad (2.25)$$

Якщо прийняти добову продуктивність (W_{∂}) незмінною, одержимо:

$$\beta = F^*/F, \quad (2.26)$$

де β – ступінь збільшення обсягів робіт, які виконуються у рамках агротехнічного терміну при переході від послідовного до паралельного методу їх проведення.

Виходячи з прийнятих посилок, у загальному виді диференційовані витрати на проведення польових механізованих робіт можна представити так:

$$Z = \sum_{i=1}^m B_i A_i v_i / (D \times T_{\partial} \times W_2) + B + K_y \times U \times C_n \times D_a, \quad (2.27)$$

де Z – диференційовані витрати, грн./га;

m – кількість машин, що входять в агрегат;

B_i – балансова вартість, –ї машини, грн.;

A_i – відрахування на відновлення, –ї машини в рік у частках;

v_i – питома вага даної роботи в загальному річному обсязі робіт і–ї машини, у частках;

B – умовно пропорційні витрати на паливно–мастильні матеріали, ремонт і технічне обслуговування, грн./га;

W_2 – годинна продуктивність агрегату, га/год;

T_{∂} – тривалість роботи протягом доби, год;

K_y – коефіцієнт, що враховує втрати врожаю при відхиленні від оптимального терміну на один день, 1/дн;

U – значення врожайності, що відповідає виконанню робіт в оптимальний термін, т/га;

C_n – ціна реалізації продукції, грн/т.

При послідовному виконанні робіт площа, яку можна обробити в агротехно припустимий термін, визначиться із співвідношення:

$$D_a = \sum_{i=1}^n F / W_{\partial i}, \quad (2.28)$$

звідки

$$F = \frac{D_a}{\sum_{i=1}^n 1 / W_{\partial i}}, \quad (2.29)$$

де n – кількість робіт, що виконуються послідовним і паралельним методами;

$W_{\partial i}$ – добова продуктивність при виконанні i -ї роботи, га/дн.

Отже, кількість днів, необхідних для виконання k -ї роботи, буде:

$$D_k = \frac{F}{W_{dk}} = \frac{D_a}{W_{dk}} \sum_{i=1}^n \frac{1}{W_{\partial i}}, \quad (2.30)$$

Витрати на проведення k -ї роботи при послідовному методі запишуться у виді:

$$Z_1 = \sum_{i=1}^M B_i A_i v_i / (D_k \cdot W_{\partial k}) + B_k + K_y \cdot U \cdot C_n \cdot D_k, \quad (2.31)$$

Витрати на проведення тієї ж роботи паралельним методом складуть:

$$Z_2 = \sum_{i=1}^M B_i A_i v_i / (D_k \cdot W_{\partial k}) + B_k + K_y \cdot U \cdot C_n \cdot D_k, \quad (2.32)$$

Таким чином техніко–економічну доцільність паралельного методу роботи можна записати в наступному виді:

$$\epsilon = Z_1 - Z_2 \quad (2.33)$$

Позначивши

$$A = \sum_{i=1}^M B_i A_i v_i$$

одержимо:

$$\epsilon = \frac{A}{F} (1 - 1/\beta) + \frac{(U \cdot C_n \cdot K_y \cdot F)}{W_{\partial k} (1 - \beta)}, \quad (2.34)$$

При цьому техніко–економічна доцільність буде мати сенс тільки у випадку, якщо $C \geq C$, тобто $Z_1 \geq Z_2$,

Позначимо: $P = \frac{(U \cdot C_n \cdot K_y \cdot F)}{W_{\partial k}}$. З того, що $C \geq C$ одержимо нерівність:

$$-PF\beta^2 + \beta(A + P \cdot F) - A \geq 0, \quad (2.35)$$

Тоді рішенням нерівності (2.35) будуть значення β , які задовольняють умовам:

$$\begin{cases} \beta \geq 1 \\ \beta \leq A / PF \end{cases}, \quad (2.36)$$

Таким чином паралельний метод виконання робіт буде доцільним за умови, якщо значення β будуть знаходитися в межах:

$$1 \leq \beta \leq \frac{AW_{\partial k}}{U \cdot C_n \cdot K_{yk} \cdot F^2}, \quad (2.37)$$

Узявши першу похідну з виразу (2.34), визначимо оптимальне значення β :

$$C' = \frac{A}{F\beta^2} - \frac{(U \cdot C_n \cdot K_y \cdot F)}{W_{\partial k}}, \quad (2.38)$$

З умови $C'=0$ одержимо значення β , що відповідає максимальному значенню техніко–економічної доцільності переходу на паралельний метод використання техніки:

$$\beta_{opt} = \sqrt{\frac{AW_{\partial k}}{U \cdot C_n \cdot K_{yk} \cdot F^2}}, \quad (2.39)$$

де β_{opt} – доцільна межа збільшення навантаження на машину при використанні її декількома фермерами.

Для ухвалення рішення про перехід на паралельний метод використання техніки потрібно знати межу збільшення річного наробітку на одну машину. З нерівності (2.37) можна виразити припустиме значення $\beta_{прим}$ (границю можливого збільшення річного наробітку машини при використанні її на полях групи фермерів):

$$\beta_{\text{прин}} = \frac{AW_{\text{дк}}}{U \cdot C_n \cdot K_{yk} \cdot F^2}, \quad (2.40)$$

Тоді оптимальна тривалість польових робіт ($D_{\text{онм}}$) може бути знайдена шляхом мінімізації функції (2.27) і буде мати вигляд:

$$D_{\text{онм}} = \sqrt{\sum_{i=1}^M \frac{B_i A_i v_i}{K_y U_{\text{max}} \cdot C_n \cdot W_{\text{д}} \cdot T_{\text{д}}}}, \quad (2.41)$$

де B_i – балансова вартість i -ї машини, грн.;

A_i – відрахування на відновлення i -ї машини в рік у частках;

$T_{\text{д}}$ – тривалість роботи протягом доби, год.

Площа обробки конкретним одним агрегатом буде визначатись з формули:

$$F_{\text{сп}} = 0.36 n_m B_{\kappa} \beta_{\kappa} V_m \xi_v T_{\text{д}} K_c D_a, \quad (2.42)$$

де n_m – кількість агрегатів, шт.;

B_{κ} – конструктивна ширина захвату машини, м;

β_{κ}, ξ_v – відповідно коефіцієнти використання конструктивної ширини захвату і теоретичної швидкості руху агрегату;

V_m – теоретична швидкість руху агрегату, м/с;

K_c – сукупний коефіцієнт, що враховує повноту використання продуктивності МТА, добової тривалості його роботи, календарного періоду виконання технологічних операцій і професійний рівень фермера;

D_a – агротехнічний термін на виконання даної технологічної операції, дн.

Оптимальна площа обробки агрегатом, враховуючи формулу (2.20), буде виглядати так:

$$F_{\text{онм}} = 0.36 n_m B_{\kappa} V_m T_{\text{д}} K_c \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^M B_i A_i v_i}{K_y U_{\text{max}} C_n W_{\text{д}} T_{\text{д}}}} \quad (2.43)$$

Тоді, оптимальне число фермерських господарств, що мають можливість об'єднатися при спільному використанні даної машини чи агрегату

(припустимий рівень концентрації фермерських господарств), визначиться з наступного відношення:

$$n_{xon} = \frac{F_{omt}}{F_{cp}} \quad (2.44)$$

2.1.3. Обґрунтування спільного використання техніки у фермерських господарствах

На підставі наших досліджень спільного використання техніки фермерськими господарствами доведено, що фермери можуть створювати:

1. Міжфермерські малі підприємства, виступаючи їх співзасновниками.
2. Пункти прокату техніки при районних асоціаціях фермерських господарств, коли ця асоціація, як юридична особа, придбає комплекс машин для обслуговування фермерських господарств по їх заявах.
3. Різні неформальні групи по наданню взаємних механізованих послуг чи передачі в тимчасове користування техніки один одному.

В будь-якій з цих форм техніка в матеріальному виді (третій варіант), чи у фінансовому (другий та перший) належить конкретним фермерським господарствам.

Ціна прокату машин аналітично визначається за наступною формулою:

$$Ц_i = \frac{B \cdot K \cdot A}{100} + \frac{B_i \cdot B_n}{100} + \frac{B}{t}, \quad (2.45)$$

де $Ц_i$ – ціна прокату машин в i -ий сезон її використання, грн;

B – ціна машини на момент придбання, грн.;

A – норма амортизаційних відрахувань, %;

B_i – сума кредиту, який обслуговується i -ий рік та взятого для придбання даної машини, грн.;

B_n – строк, на який видається кредит, років;

K – коефіцієнт переоцінки основних засобів.

Цілком очевидно, що вартість використання техніки для фермера–власника ($S_{вл}$) при її одноособовому використанні буде визначатися по виразу, аналогічному формулі (2.45):

$$E_{вл} = \frac{S_{вл} \cdot N_{см}}{N_{вл} (N_{вл} + N_{см})}, \quad (2.46)$$

Вигода користувача () підраховується з виразу:

$$E_{кор} = \frac{S_{см} \cdot N_{вл} + (S_{см} + S_{вл}) \cdot N_{см}}{N_{вл} (N_{вл} + N_{см})}, \quad (2.47)$$

де $N_{вл}$ – об'єм робіт власника техніки, од.роб;

$N_{см}$ – об'єм робіт, які виконуються на сторону (робіт користувача), од.роб;

$S_{вл}$ – вартість використання техніки для фермера – власника;

$S_{см}$ – вартість використання техніки «на сторону» користувачем.

Таким чином, отримані вище аналітичні вирази дозволяють оцінити можливість та величину економічної вигоди при міжфермерській кооперації в залежності від конкретних умов, як для фермерів, які мають техніку, так і для фермерів, які користуються послугами з боку перших.

Ці аналітичні вирази, які розраховані за допомогою комп'ютера дали можливість в залежності від вартості сільськогосподарських машин і різноманітних варіантів об'ємів робіт власників техніки та користувачів визначити економічну вигоду кожного.

Після широкого впровадження міжфермерської кооперації стане питання оцінки відповідної продукції, що виробляється фермерами, вимогам ринку. Конкурентоспроможна аграрна продукція може бути після впровадження більш складних, але гнучкіших до зміни зовнішніх впливів технологій. Найбільш перспективною є технологія, за якою енерговитрати на виробництво продукції зменшено, а коефіцієнт енергетичної ефективності, навпаки, збільшено. Такі інтенсивні ресурсозберігаючі технології характеризують переважно якісні технологічні розробки, зумовлені сукупністю агротехнічних вимог технічних, організаційних та інших факторів.

Висновки

1. Розроблена класифікація добового часу використання машинно–тракторних агрегатів у фермерських господарствах.

2. При визначенні структури витрат часу при використанні МТА протягом доби теоретично обґрунтований для подальшого розрахунку параметрів комплексу машин сукупний коефіцієнт використання машинно–тракторних агрегатів з врахуванням форм, розмірів земельних ділянок фермерів, а також відстані між ділянками.

3. Теоретично обґрунтовано доцільність збільшення навантаження на машину при паралельному виконанні польових механізованих робіт декількома фермерами.

4. Встановлені теоретичні закономірності доцільності спільного використання комплексу машин користувачами і власниками фермерської техніки.

2.2. Обґрунтування використання транспортно–енергетичних засобів з причіпними сільськогосподарськими машинами

2.2.1. Кінематичний ланцюг передачі енергії колесу вільного обертання для збільшення тяги на гаку автомобіля з причіпною сільгоспмашиною

У фермерських господарствах, крім тракторної енергетики, можна використовувати автомобілі в якості засобу при роботі причіпними сільськогосподарськими машинами (рис. 2.1).

На мало енергоємних польових роботах (прикочування, боронування) автомобілі типу Зил можуть бути тяговими засобами. Для зменшення буксування задніх ведучих коліс нами запатентований пристрій 3 з додатковим колесом вільного обертання 4, що дозволяє забезпечити підвищення тягово–зчіпних властивостей і перетворити транспортний засіб в тягово–технологічний для виконання і культивуації, і сівби, і дискування.

Для спільного використання фермерської техніки такий спосіб підвищення ефективності її експлуатації є додатковою можливістю інтенсифікувати роботу мобільних енергетичних засобів фермера.

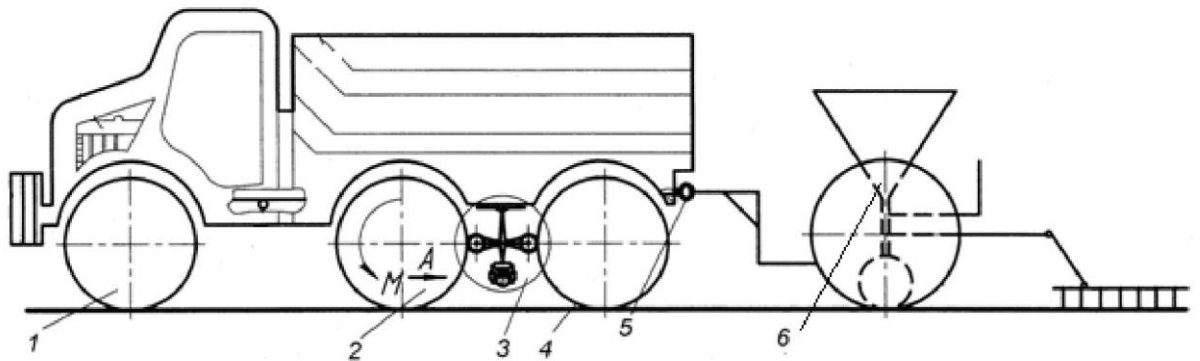


Рис. 2.1. Мобільний транспортно–технологічний засіб:

1 – направляючі колеса; 2 – ведучі колеса; 3 – пристрій 4 – колеса вільного обертання, 5 – фаркоп; 6 – сільгоспмашина.

Розглянемо роботу кінематичного ланцюга передачі енергії від ведучого колеса до колеса вільного обертання 4.

Кінематичний ланцюг передачі енергії від ведучого колеса 7 до колеса вільного обертання 11 здійснюється в пристрої 3 через шків 5 (рис 2.2) за допомогою гнучкої передачі, які її замикають гілками 13 і 15 за рахунок постійного контакту передавальних коліс 3 в точках A і B , пружних зв'язків 2 і 12 і за рахунок пружин 6 з умовою $W_i = \omega r_i$. Робочий цикл передачі енергії за один оберт колеса 7 (2π) замкнутий, передача енергії незаперечна.

Трикутники кутових швидкостей в точках A і B (рис.2.3 а) в умовах ідеального контакту без проковзування і недеформуємих поверхонь 7 і 11 (рис.2.2), з постійною жорсткістю пружної підвіски 2, 12 і пружин 6, 8, які діють на передавальні колеса 3 без подовження гілок 13, 15, показують, що ефективний ККД (без втрат на тертя) рівний одиниці, тобто модулі вектора швидкості $|\vec{W}_A| = -|\vec{W}_B|$. Це справедливо тільки для ідеальних умов, коли значення сили земного тяжіння F_g направлено без відхилення по осі Y (рис.2.2),

а постійні сили на крюку 16 уздовж осі X . Коли настає режим прискорення автомобіля, або пробуксовування ведучих коліс, або при гальмуванні, то $\omega_1 \geq \omega_2$, а це приводить до відхилення сили \bar{F}_g , що порушує умови рівноваги сил по характеристикам пружин 6. Якщо технологічний комплекс змінює місце роботи, то кінематичний ланцюг повинен бути вимкнений і включатися повинен, при необхідності, автоматично.

Реальні умови випробування нашої розробки вимагають розрахунку режимів роботи, тобто складання математичної моделі з аналізом зміни основних функцій і параметрів, що визначають ефективність кінематичного ланцюга передачі енергії.

До основних функцій кінематичного ланцюга відносяться:

– коефіцієнт корисної дії передачі енергії:

$$\eta_M = \frac{E_A - E_B}{E_A} = 1 - \frac{E_B}{E_A}, \quad (2.48)$$

де E_A, E_B – енергії в точках ланцюга від початку до кінця передачі енергії;

– передавальне відношення і його гранична зміна:

$$i = \xi_1 \frac{\omega_3}{\omega_1} = \xi_2 \frac{\omega_2}{\omega_4}, \quad (2.49)$$

де $\omega_1 - \omega_4$ – кутові швидкості передавальних пар;

ξ_1, ξ_2 – коефіцієнти ковзання в точках А, В і гнучкому зв'язку по шківках;

Швидкість зміни модуля передачі енергії залежить від динамічних якостей автомобіля і в загальному вигляді має такий вигляд:

$$\frac{dE}{d\tau} = \frac{\Delta M_{кр}}{M_{кр} d\tau} = \iint \left[\frac{\Delta M_{к, (P_T, F_g, \omega_{1-4}, \Delta \tau)}{(dM_{кр}) d\tau} \right] dM d\tau, \quad (2.50)$$

де $\Delta M_{к}$ – позитивний приріст енергії на тяговому фаркопі;

$\Delta M_{кр}$ – середнє значення енергії на фаркопі за період $\Delta \tau$. Тут приватні похідні по осях координат від дії сил щодо осей X, Y, Z (рис.2.2).

До основних параметрів кінематичного ланцюга передачі енергії ми відносимо:

– модулі пружності коліс в точках А, В;

– коефіцієнт Пуассона μ ;

– енергію пружності деформації: $U = \frac{\sigma \varepsilon}{2}$,

де σ – напруга, а ε – відносна деформація;

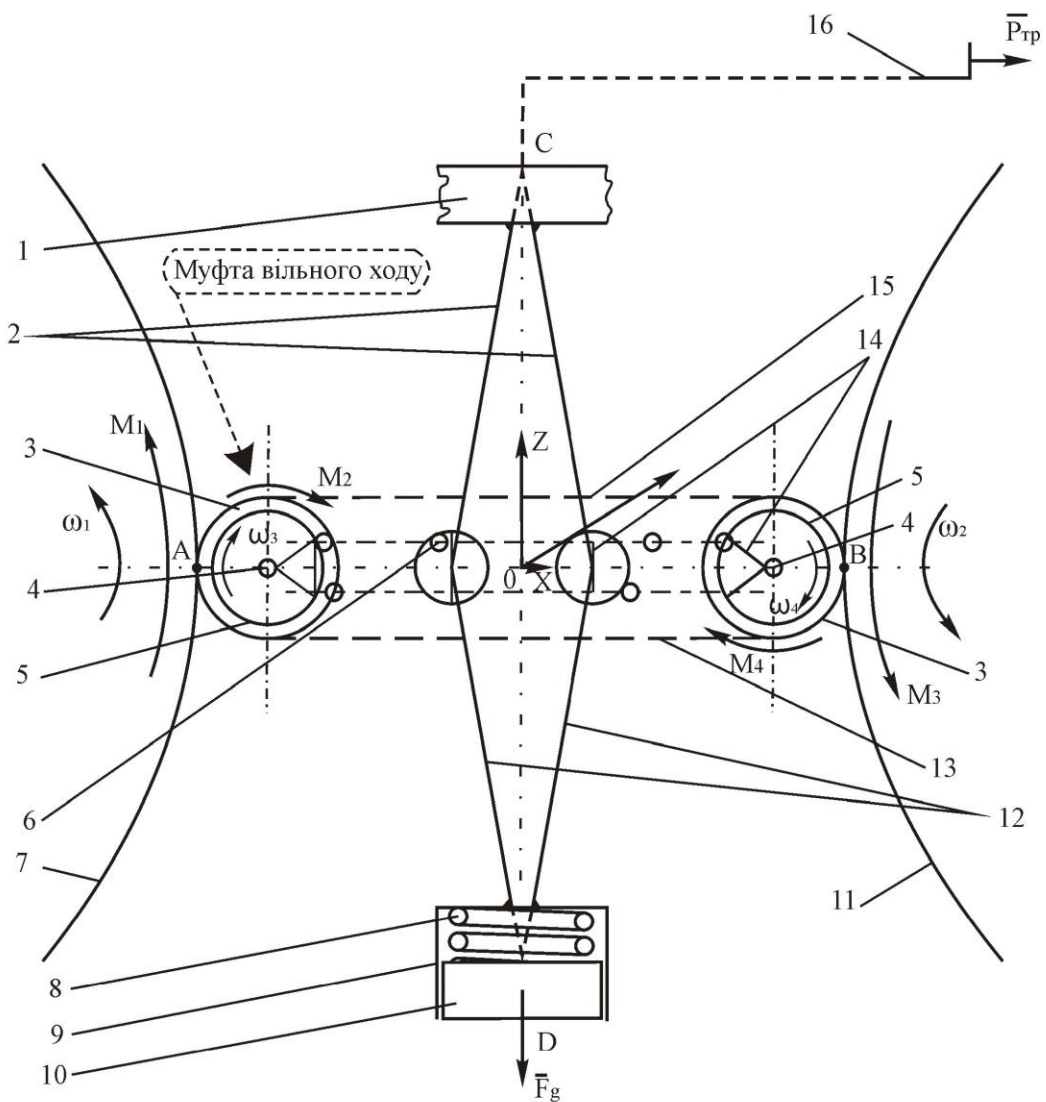


Рис.2.2. Схема кінематичного ланцюга передачі енергії.

1 – рама; 2 – верхній пружний зв'язок; 3 – передавальні колеса; 4 – осі шківів; 5 – шківги гнучкої передачі; 6 – пружини; 7 – ведуче колесо транспортного засобу; 8 – пружина вантажу; 9 – спрямовуюча відхилення вантажу 10; 11 – колесо вільного обертання; 12 – нижні пружні зв'язки; 13 –

нижня гілка пружної передачі; 14 – тарілки установки пружин; 15 – верхня гілка пружної передачі; 16 – фаркоп; CD – площина симетрії пружності.

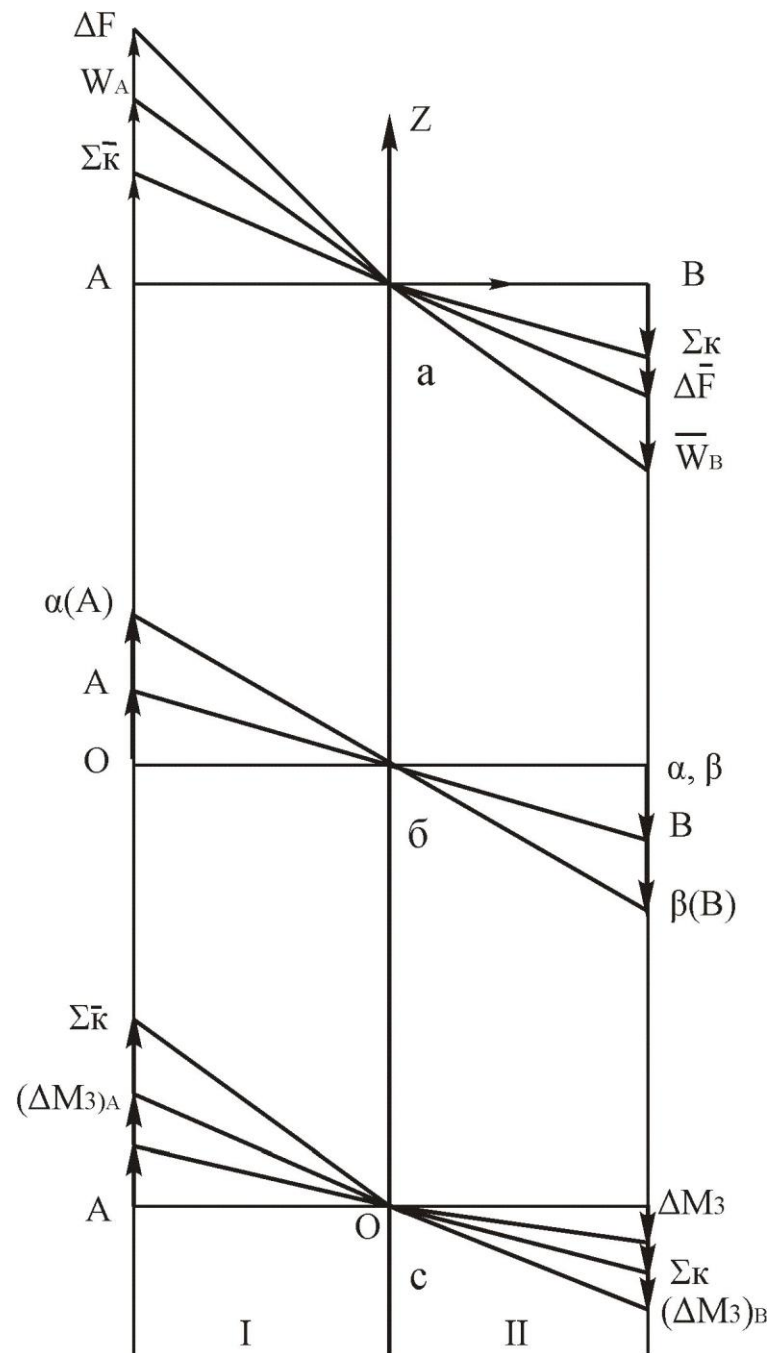


Рис. 2.3. Ідеальна характеристика ланцюга передачі енергії та відхилення її від параметрів і характеристик:

a – зміна швидкості в точках контакту передавальних коліс W_A ; ΔF – сили зчеплення в точках A, B ; $\Sigma \bar{\kappa}$ к приведена жорсткість; \bar{b} – зміна кутів обхвату передавальних коліс; c – зміна енергії в точках A, B . I – область зміни параметрів від точки O до A ; II – область зміни параметрів від точки O до B .

– повну енергію деформацій пружних зв'язків $U = \frac{1}{2} \left(\frac{\sigma_i}{E} - \frac{\mu \sigma_2}{E} \right)$,

де σ – напруга, а E – модуль пружності другого роду;

– характеристики пружин $F = k\Delta l$, де k – жорсткість, Δl – подовження (стиснення) пружини;

– масу вантажу, яка створює силу \bar{F}_g ;

– параметри гнучкої передачі: подовження, жорсткість на вигин та інші;

– час циклу передачі енергії при заданому динамічному факторі автомобіля при масах $m_A = m_{AB} + m_{TP}$ і $m_A = m_{AB}$.

Розглянемо завдання теоретичного дослідження і аналіз результатів відхилень ідеальної характеристики \bar{W} (рис. 2.3) кінематичного ланцюга передачі енергії, які можуть бути встановлені в основу проектування і промислового виробництва. Для виконання цих завдань необхідно:

– провести багатопараметричний аналіз конструктивного виконання і показати найвигідніші зв'язки елементів кінематичного ланцюга;

– показати тимчасові функції спрацьовування ланцюга по бортах для виключення траєкторії «виляння» при виконанні технологічних робіт;

– виключити вплив відхилень траєкторії руху від дії зовнішніх сил при постійному динамічному факторі;

– синхронізувати потоки передачі енергії по бортах зі змінним радіусом кривизни траєкторії;

– провести розрахунок пружності підвіски ланцюга передачі енергії;

– розробити математичну модель замкнутого циклу: включення ланцюга – робота – виключення ланцюга;

– оцінити гранично допустимі відхилення реальних характеристик від теоретичних ідеальних умов.

2.2.2. Аналіз кінематичного ланцюга передачі енергії

Приведений в загальному вигляді вираз швидкості зміни модуля енергії, що передається при постійному динамічному чиннику D (рівняння 2.50), дозволяє встановити диференціальні зв'язки кінематичного ланцюга за умов дії

сил і моментів сил як зовнішніх збурень, так і внутрішніх від ланцюга при плоскопаралельному русі транспортного засобу, тобто в площині XOY (рис.2.2).

Вибір початку осей координат в цьому випадку має принципове значення, оскільки необхідно включати в аналіз сили і моменти, діючі в кінематичному ланцюзі передачі енергії (рис.2.4), а перехід до центру мас не представляє ніяких труднощів. Оскільки кінематичні ланцюги передачі енергії розташовані по бортах, значить вони повинні бути абсолютно ідентичні, виконуючи роль тимчасового блокування бортових ланцюгів, наприклад при поворотах чи пробуксовуванні.

З розрахункової схеми (рис.2.4) стає очевидним, що навіть за ідентичних умов кінематичних ланцюгів по бортах ми маємо випадок замкнутої механічної енергетичної системи, коли зміна енергії ΔE_A , ΔE_B переходить в енергію приросту кінетичної енергії центру маси всього простору розташування сил і моментів в координатах X , Y , Z . При цьому, якщо дисипативні сили або відсутні, або рівні постійній величині, то закони збереження кінетичної енергії, кінетичного моменту мають основоположне значення для визначення ККД передачі енергії для будь-якого ланцюга, а не тільки кінематичного.

Тоді замість рівняння (2.48) можемо записати:

$$\eta_M = 1 - \frac{E_B - \sum E_{\Pi}}{E_A} < 1, \quad (2.51)$$

де $\sum E_{\Pi}$ – сума втрат енергії на зовнішні і внутрішні обурення просторовими силами, діючими в замкнутій системі.

Із розставлених сил і моментів (рис.2.4) визначається головний момент внутрішніх (сили в механізмі ланцюга) і зовнішніх сил при переміщенні щодо будь-якого центру $O_{\text{цм}}$, O' або O (X , Y , Z). Головний момент щодо центру O визначається тільки зовнішніми силами, а динаміка переміщення (прискорення або уповільнення) щодо $O_{\text{цм}}$ стійкістю передачі АЕ відносно O' .

$$\left. \begin{aligned} \bar{R}_X &= \sum_{i=1}^{i=k} \bar{F}'_X = 0; \\ \bar{R}_Y &= \sum_{i=1}^{i=k} \bar{F}'_Y = 0; \\ \bar{R}_Z &= \sum_{i=1}^{i=k} \bar{F}'_Z = 0 \end{aligned} \right\} ,, \quad (2.52)$$

а ГОЛОВНИЙ МОМЕНТ відносно осей X, Y, Z можна записати так:

$$\left. \begin{aligned} M_{OX} &= \sum_{i=1}^{i=k} M_{i_X} + \sum_{i=1}^{i=n} R_Z h_Y = 0; \\ M_{OY} &= \sum_{i=1}^{i=k} M_{i_Y} + \sum_{i=1}^{i=n} R_Y h_X = 0; \\ M_{OZ} &= \sum_{i=1}^{i=k} M_{i_Z} + \sum_{i=1}^{i=n} R_X h_Z = 0; \end{aligned} \right\} ,, \quad (2.53)$$

де h_X, h_Y, h_Z – плечі діючих сил відносно осей;

R_X, R_Y, R_Z – проекції сил на площині по декартовим осям координат;

k, n – число моментів і сил.

Приймаючи в системах рівнянь (2.52 і 2.53) значення $\bar{R}_X, \bar{R}_Y, \bar{R}_Z$ як проекції рівнодіючої внутрішніх і зовнішніх сил, диференціальні рівняння переміщення всього агрегату по осях координат представляється в розгорненому вигляді так:

$$\frac{d^2 X}{dt^2} = \frac{1}{m} \left[P_T - (P_{TP} + R(\varphi + f)) \right]_{\substack{\Delta Y, \Delta Z = 0 \\ P_{TL} = P_{TI}}} \quad (2.54)$$

$$\frac{d^2 Y}{dt^2} = \frac{1}{m} \left[P_T \cos(YP_T) - (P_{TP} \cos(R + f)) \right]_{\substack{\Delta Y, \Delta Z = \text{var} \\ P_{TL} = P_{TI}}} \quad (2.55)$$

$$\frac{d^2 Z}{dt^2} = \frac{1}{m_{IIIM}} [mg - R_k \cos \omega t]_{\Delta Y, \Delta Z = 0} \quad (2.56)$$

де m – рушійна маса;

m_{IIIM} – маса підресорена;

φ, f – коефіцієнти зчеплення і опору кочення;

ω – колова частота;

R_k – реакція ґрунту.

Інтегруючи рівняння (2.54) і (2.55), одержимо швидкості і переміщення по ґрунту з виключенням γ відхилення траєкторії руху від борозни технологічної операції. Рівняння (2.56) – це рівняння коливання машини і механізму передачі енергії, тобто кінематичного ланцюга без урахування вимушених і власних коливань відносно симетрії площини пружності CD (рис.2.4).

Багатопараметричний аналіз кінематичного ланцюга передачі енергії за допомогою гнучкого зв'язку ведучого і відомого коліс (рис.2.4) та ін. механізмів можна виконати на основі законів механіки, що і робиться переважно в прикладному плані. В нашому випадку динаміка передачі енергії взаємозв'язана з транспортним засобом, рівняння (2.54–2.55) в точках А, В і уявній площині симетрії пружності COO'D (рис 2.4), яка зміщується щодо центрів OO', залежно від напрямку руху, дії внутрішніх сил і перших їх похідних.

Тоді диференціальні рівняння для чисельного розрахунку представляються наступними формулами для одного борту:

$$\frac{d^2 X_0}{dt^2} = \frac{1}{\sum m_i} \left(F_1(t) + K(\delta) + F_{yn} + \frac{M_1}{r_1} - \left(F_3 + \frac{M_3}{r_{uu}} \right) \right), \quad (2.57)$$

$$\frac{d^2 Y_0}{dt^2} = 0, \quad \sum F_i = 0; \quad \text{звідки} \quad \frac{dY_0}{dt} = 0 \text{ і } Y_0 = 0, \quad (2.58)$$

$$\frac{d^2 Z_0}{dt^2} = \frac{1}{\sum m_i} (F_g + F_k), \quad (2.59)$$

де $K(\delta)$ – зусилля пружин;

$F_1(t)$ – вектор, залежний від часу дії тільки від зовнішніх сил;

F_{yn} – зусилля пружних підвісок;

F_k – зусилля вимушених коливань;

F_g – зусилля вантажу;

r_1, r_u – радіуси ведучого колеса і шківів.

Таким чином, використовуючи нами висловлені теоретичні уявлення про кінематичний ланцюг передачі енергії, для отримання ідеальної характеристики (рис.2.3 а) з гнучкою ланкою – пасової або ланцюгової передачами і пружними ланками підвіски, переконливо і однозначно приходимо до висновку про те, що аналіз кінематичний, енергетичний, коливальний та ін. повинен будуватися на балансі (збереження) координати центру мас, кількості руху (імпульсу) і енергії з урахуванням початкових, граничних і додаткових умов, що наближають математичні моделі до реальних умов експлуатації в сільськогосподарському виробництві.

До додаткових умов ми відносимо: характер роботи і поле, які міняють динаміку руху; метеорологічні умови, що змінюють реологічні характеристики верхніх шарів ґрунту і т.п.

Початковими рівняннями аналізу кінематичного ланцюга передачі енергії приймаються інтегральні рівняння збереження:

Проінтегрувавши рівняння (2.57 – 2.59), знаходимо рівняння зміни:

а) центру мас кінематичного ланцюга

$$\int_t \left[\int_x \int_x \left(\frac{d^2 X}{\partial t \partial x} \right) dt dx \right] dt - \int_t \left[\int_x \int_x \left(\frac{1}{\sum m_i} \left(\frac{\partial^2 \left(\int \sum F_i dt \right)}{\partial t \partial x} \right) \right) dt dx \right] dt = 0, \quad (2.60)$$

$$\int_t \left[\int_z \int_z \left(\frac{d^2 Z}{\partial t \partial z} \right) dt dz \right] dt - \int_t \left[\int_z \int_z \left(\frac{1}{\sum m_i} \left(\frac{\partial^2 \left[(F_g + F_k) dt \right]}{\partial t \partial z} \right) \right) dt dz \right] dt = 0, \quad (2.61)$$

$$\int_t \left[\int_y \int_y \left(\frac{d^2 Y}{\partial t \partial y} \right) dt dy \right] dt = 0, \quad (2.62)$$

де $\int \sum F_i dt$ – імпульс сил діючий в точці А по координатах;

б) кількості руху кінематичного ланцюга:

$$\iint_{i,j} \left[\frac{\partial^2 (\sum m_i W)}{\partial t \partial j} \right] dt dj = \iint_{i,j} \left\{ \frac{\partial^2 \int [\sum (F_i) dt]}{\partial t \partial j} \right\} dt dj, \quad (2.63)$$

де $j = X, Y, Z$ – координати відносно центра O (рис.2.4).

в) передачі енергії кінематичним ланцюгом, що відповідає по теоремі Кеніга про баланс енергії в замкнутих ланцюгах:

$$\iint_{i,j} \left\{ \frac{1}{2} \sum \left[\frac{\partial^2 (\sum (F dj))}{\partial t \partial j} \right] dt dj \right\}_A - \iint_{i,j} \left\{ \frac{1}{2} \sum \left[\frac{\partial^2 (\sum (F dj))}{\partial t \partial j} \right] dt dj \right\}_B = \Delta M_3, \quad (2.64)$$

Одержані аналітичні зв'язки параметрів кінематичного ланцюга виражають загальну залежність ідеальної характеристики ланцюга передачі енергії. В експлуатації ці зв'язки якщо і не розриваються, то неодмінно отримують вимушене відхилення по ряду змінних аргументів, які входять і показані у виведених рівняннях (3.3, 3.7 – 3.9, 3.12, 3.14 – 3.16, 3.17 – 3.21). Тому зробимо корекцію ідеальної характеристики ланцюга.

2.2.3. Робочий цикл ланцюгової передачі

Реальний робочий цикл кінематичного ланцюга в експлуатації за часом приведений на рис. 2.5. Дискретні інтервали часу не так вже важливі для аналізу, а включення в робочий режим ланцюгів по бортах при змінних радіусах кривизни траєкторій, поворотах, відхиленнях від прямолінійних рухів і рухів назад, буксуванні мають особливий вплив на ΔM_3 (2.64).

Реалізація робочого циклу цілком можлива. Методів і засобів предостатньо, але всі ускладнюють конструкцію ланцюга, збільшують вартість виготовлення. Найпростішим і надійним засобом, що реалізовує робочий цикл, є відома кулькова муфта вільного ходу, робочий процес якої приведений на рис.2.6.

Відомо, що скорочення періодів $t_{вк}$ і $t_{вл}$ (рис.2.5) при малих постійних швидкостях W_l і W_n (рис.2.6, с) дещо розтягує вказані періоди навіть при великих передавальних відношеннях між ω_1 і ω_2 через профіль переміщення куль d зірочки 1 (рис.2.6, в) і інерційність куль до вирівнювання кутової швидкості зірочки зі швидкістю відомої ланки 3.

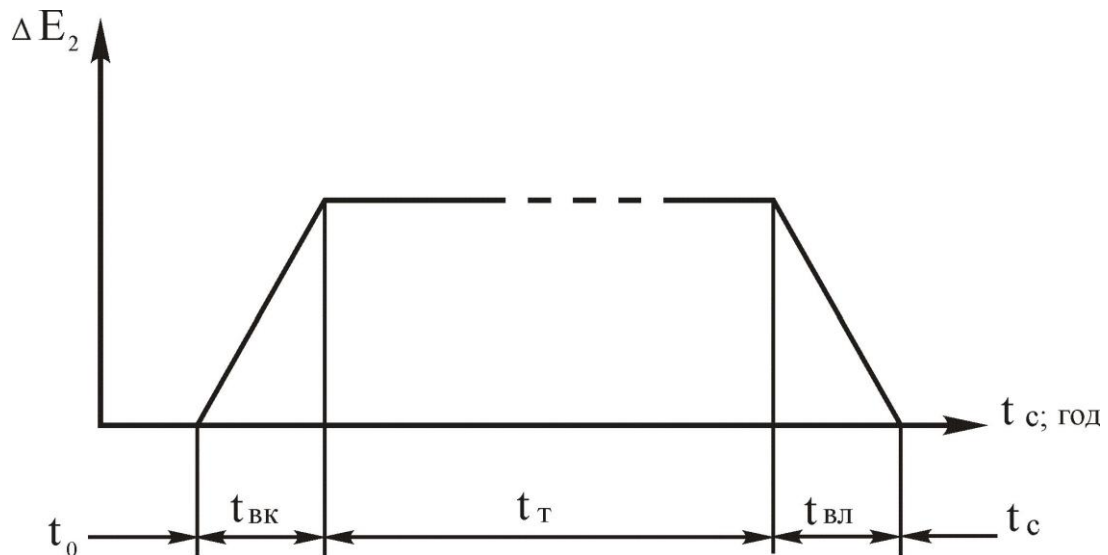


Рис.2.5. Робочий цикл кінематичного ланцюга передачі енергії по часу t_0 , t_c – транспортний час без виконання технологічної операції; $t_{вк}$ – час включення ланцюга; t_T – технологічний час; $t_{вл}$ – час виключення ланцюга.

Отже, підхід до аналізу робочого циклу кінематичного ланцюга передачі енергії через муфту вільного ходу на довільних траєкторіях реально можливий через один метод – диференціальне рівняння переміщення куль муфти.

Запишемо його для прямолінійної ділянки I (рис.2.6,а):

$$\int_t \frac{d^2 r}{dt^2} = \frac{1}{m_{uu}} \int \int (m_{uu} d\rho \omega d\omega) \quad \text{при} \quad \rho = \infty, \quad (2.65)$$

де ω – кутова швидкість зірочки; ρ – траєкторія траси по бортах;

r – величина технологічного зазора в муфті (по радіусу); t – час.

Для ділянки траєкторії II визначальним параметром слід рахувати різницю швидкостей по бортах $\Delta \bar{W} = \bar{W}_{II} - \bar{W}_{II}$. Тоді замість рівняння (2.65) переважно буде лінійне диференціальне рівняння

$$\int_t \frac{d(\Delta W)}{dt} = \frac{(\pi n)^2}{m_{uu}} \int_r \frac{m_{uu} dr}{900} \quad \text{при} \quad \Delta W = 0, \quad t = t_{вк}, \quad (2.66)$$

де n – частота обертання зірочки.

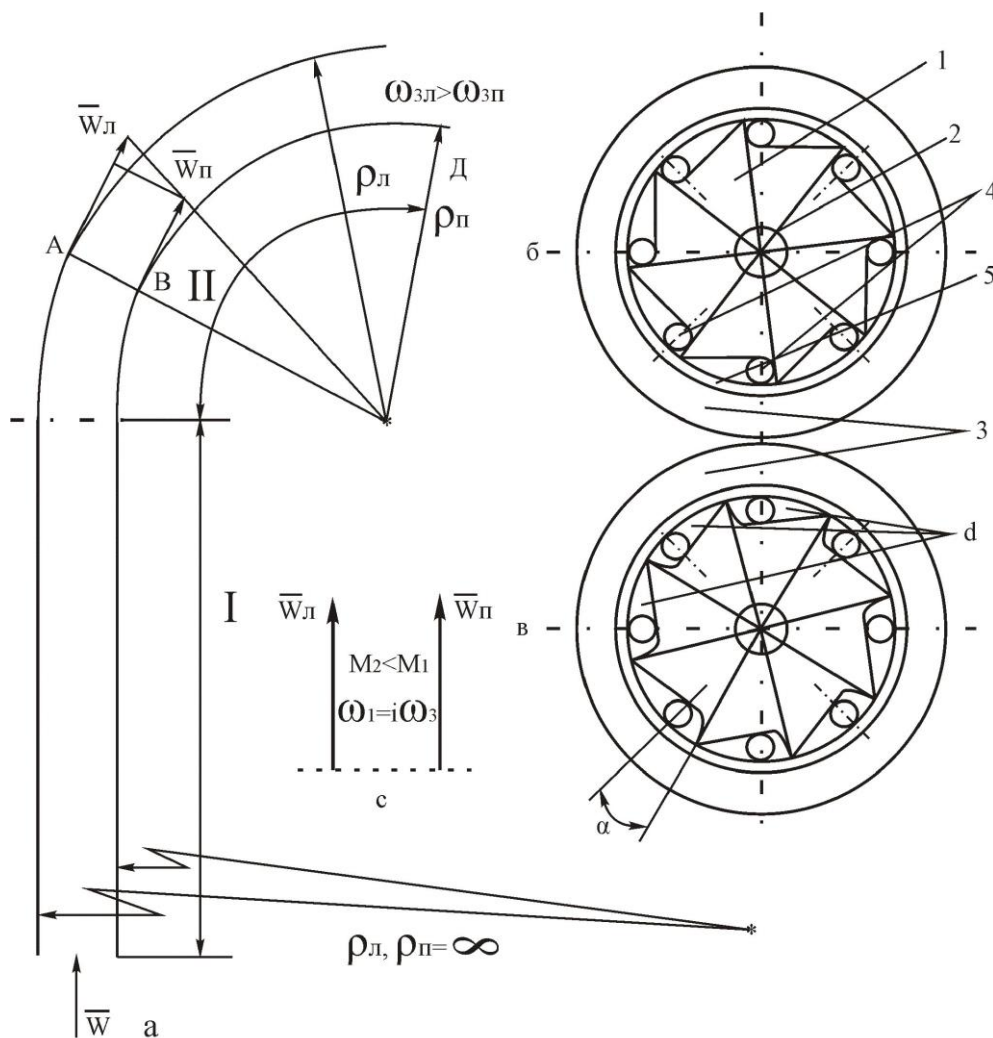


Рис. 2.6. Загальна траєкторія трас (а), муфта вільного ходу при вимкненому ланцюзі передачі енергії (б) і включеному стані (в), трикутник швидкостей в точці А (рис.2,3) по бортах С і ділянкам Д траси: І – прямолінійна ділянка; ІІ – ділянка довільної кривизни. 1 – зірочка; 2 – вал зірочки; 3 – відома ланка; 4– кульки; 5– технологічний зазор.

В реальних умовах відбувається автоматична синхронізація передачі енергії по бортах і це визначається швидкістю зміни кутових швидкостей провідних коліс. З рівнянь (2.65, 2.66) при $r = \text{const}$ можна записати:

$$\frac{d^2\omega}{dt^2} = \frac{2\pi(\Delta n)}{60\tau(n)} \text{ інтеграл, якого } \frac{d\omega}{dt} = \frac{2\pi}{60} \int_r \frac{(\Delta n) dt}{\tau(n)}, \quad (2.67)$$

де Δn – зміна частоти обертання зірочки;

$\tau(n)$ – час зміни частоти обертання на інтервалі $t = t_{\text{вк}}$.

Тоді кутова швидкість зірочки, яка визначає час включення кінематичного ланцюга передачі енергії на інтервалі $t_{вк}$, буде:

$$\omega = \int \left[\frac{2\pi}{60} \int \frac{(\Delta n) dt}{\tau(n)} \right] dt, \quad (2.68)$$

або

$$\omega = \frac{2\pi(\Delta n)}{60\tau(n)} t_{вк}^2, \quad (2.69)$$

Звідки час включення

$$t_{вк} = \left[\frac{60\omega\tau(n)}{2\pi(\Delta n)} \right]^{\frac{1}{2}} \text{ с}, \quad (2.70)$$

що задовольняє початковим кінематичним умовам (2.57).

Рішення задачі про робочий цикл рівняння (2.65–2.70) дозволяє зробити висновки, які мають важливе значення і в розробці кінематичного ланцюга, і в експлуатації, а саме:

– всяке прослизання ведучих коліс по бортах приводить до автоматичного блокування – гальмування того колеса, яке має приріст A_n більшим, як і при русі, що виражене приростом $\Delta \bar{W} = |\bar{W}_I - \bar{W}_{II}|$ (рис.2.6);

– синхронізація енергетичних початкових умов по бортах, рівняння (2.58, 2.60), задовольняється повністю, введення муфти вільного ходу в кінематичний ланцюг всесторонньо виправдано.

Відомо, що в сільськогосподарському виробництві чисто горизонтальні поля відсутні, а кінематичний ланцюг передачі енергії гнучкою ланкою (ланцюгом, пасом) на пружних підвісках (рис.2.2), їх масою на пружині, на перший погляд представляється необґрунтованим. Для розв'язання виникаючих сумнівів розглянемо їх обґрунтування із задоволенням початкових, граничних і енергетичних умов, рівнянь (2.58, 2.60) для підтримки збереження центру мас кінематичного ланцюга передачі енергії для будь-якої траєкторії руху, рівняння (2.61–2.63) і (2.64–2.68).

Стійкість передачі кінетичної енергії гнучким кінематичним зв'язком між ведучою і відомою ланками визначається діючими силами, моментами і коливальними процесами в координатах прийому і знімання енергії (далі по цьому тексту: прийом – це джерело енергії; зняття – це стік енергії як в замкнутій вільно розташованій жорсткій системі). Класичні теорії коливань і чисто прикладного характеру показують, що на коливальні процеси в передачах енергії затрачується достатньо відчутна частка передаючої енергії, яку сприймає стік, навіть якщо джерело без втрат.

Аналіз сил і моментів, діючих на кінематичний ланцюг передачі енергії (рис.2.4), дозволяє оцінити втрати на будь-якому характері траєкторії руху по будь-якому рельєфу оброблюваної ділянки поля, якщо систему пружних підвісок (рис.2.2) кінематичної структури представити підвіскою, як маятник з рухомою опорою. Для отримання еквівалентної розрахункової схеми необхідно виконати збереження ідентичності збуджень. Складемо розрахункову схему з матеріальними масами, на жорстких підвісках відносно вибраних координат, саме тих координат, в яких коливання приводять до «розриву» ланцюга передачі енергії з втратами по ланцюгу від джерела до стоку.

Оцінку диференціальних зв'язків підінтегральних функцій (рівняння 2.50), на основі багатопараметричного аналізу здійснюємо чисто теоретично, що виключає великий об'єм експериментальних аналізів, якщо будуть строго визначенні межі, тобто межі розділення модуля передаваної енергії від джерела А до стоку В (рис.2.2). При цьому відносна величина (рис.2.7) показує, що

$$\frac{M_3}{M_2} = \frac{M_4 - \Delta M_B}{M_2} \geq 0 \text{ с,} \quad (2.71)$$

тобто розрив ланцюга існує реально і потрібне його усунення.

Розглянемо схему зміни жорсткостей, діючих в точках розриву силового ланцюга (рис.2.7). В точках А і В пружні зв'язки ведучого колеса жорсткістю K_1 , обода джерела жорсткістю K_2 , K_3 і стоку K_4 приводять до зсуву центра О уздовж осі Х (l_A l_B), а пружний жорсткий зв'язок підвісок (криві 12, 13) з

пружинами жорсткостей (криві 11, 16) зміщують центри O_3 і O_4 , виставляючи стійкий стан (бажаний) так, що значення l_{03} і l_{04} стають рівними: $l_{03} = l_{04}$.

Якщо $l_{03} = l_{04}$ вказаних жорсткостей приводить до коливань центру мас O , то шини коліс автомобіля з радіусами r_{01} і r_{02} виступають в ролі демпферів із змінними межами деформації 2 і 8. Тоді значення сил тертя в точках A і B R_A і R_B викликаються зміною деформації та різним натягом гілок гнучкого зв'язку 6. Різниця епюр жорсткостей доводить про те, що якщо жорсткості пружин і підвісок постійні, то жорсткості коліс приводять до зміни координат точок A і B та сили \bar{F}_g , внаслідок чого міняються швидкості \bar{W}_A і \bar{W}_B . Зміна складових \bar{F}_g по осях X, Z приводить до зсуву рівнодіючих R_A і R_B , тобто до зменшення або збільшення значення ΔM_3 . Ця дія сили \bar{F}_g має принциповий вплив тільки в моменти зміни характеру руху на підйомі і спуску всього агрегату, а на схилах її вплив стає нульовим через значно перевищуючу жорсткість всієї підвіски в площині ZOY (крива 14, рис.2.7), ніж дії \bar{F}_{gx} або \bar{F}_{gz} (рис.2.8).

З приведенного аналізу стають очевидними чинники: аргументи і функції, що визначають ефективність передачі енергії за рахунок параметрів сил (модулів і напрямів з точками додатку), необхідних для конструктивного виконання з усуненням розриву ланцюга. Такими параметрами слід вважати:

– межі передачі енергії від енергії ведучого колеса у відсотках, наприклад: 5, 10, 15, 20, 25, 30%.

– жорсткість пружної підвіски (сумарна): $K_{прив} \geq K_{шин}$;

– жорсткість пружин джерела і приймача енергії: $K_{прив} = \sum_{i=1}^{i=6} K_i$;

– жорсткість пружини вантажу: $K_i = \frac{1}{2} K_{прив}$;

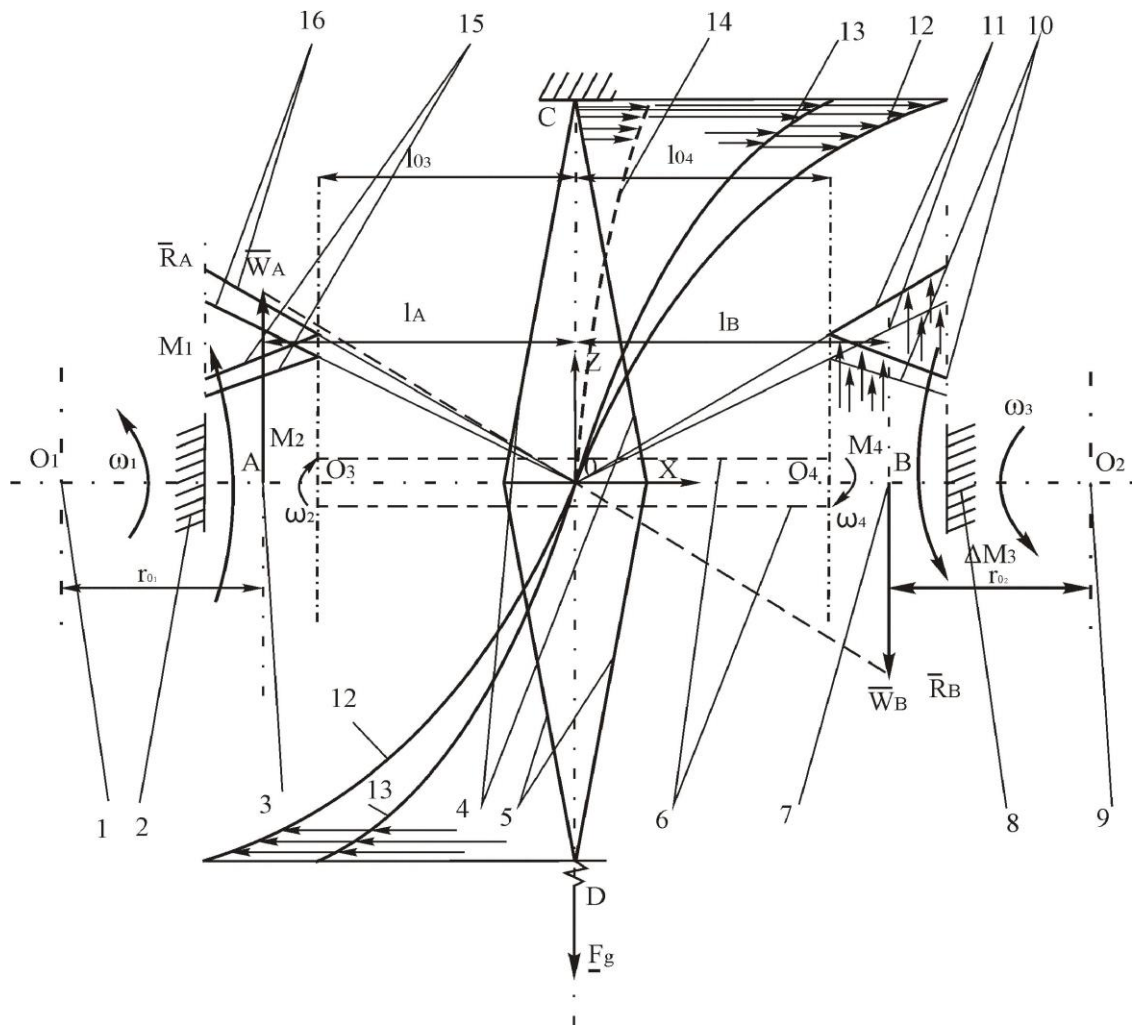


Рис. 2.7. Силовий ланцюг передачі енергії і жорсткості елементів, що замикають ланцюг:

1, 9 – центри мас ведучого і вільного коліс; 2, 8 – межі деформації коліс; 3, 7 – точки рівноважної взаємодії енергетичного ланцюга; 4, 5 – верхня і нижня пружні підвіски; 6 – гілки кінематичного ланцюга; 10 – відхилення жорсткості вільного колеса від положення межі 8; 11, 16 – жорсткості пружин джерела і стоку енергії; 12 – жорсткість верхньої пружної підвіски; 13 – жорсткість нижньої пружної підвіски; 14 – відхилення сумарної жорсткості пружної підвіски від сили \bar{F}_g при русі по схилам; 15 – відхилення жорсткості ведучого колеса від положення межі 2.

- маса вантажу (врівноважуючого), кг;
- жорсткість коліс транспортного засобу, Н/м
- жорсткість передавальних коліс джерела і приймача енергії K_K , Н/м;

- геометричні оформлення кінематичного ланцюга для вибраного транспортного засобу: міжцентрові бази – А, В (рис. 2.3);
- радіуси катків джерела і приймача – r_{0_3} , r_{0_4} ;
- тип гнучкого зв'язку – ланцюг, ремінь, трос.

2.2.4. Умови рівноваги кінематичного ланцюга передачі енергії

Для подальшого аналізу робочого процесу кінематичного ланцюга передачі енергії (рис.2.2) виникає украй істотним питання – умови рівноваги ланцюга з приведенням всіх сил до одного центру, що відповідає реальним умовам в експлуатації.

Робочий кінематичний ланцюг (рис.2.2) для кожного борту транспортної машини представляється плоскою системою зосереджених мас m_1 – m_4 (рис.2.8), з'єднаних між собою пружними зв'язками (3, 4, 8, 10, 11) з жорсткостями K_1 – K_4 , а маси m_3 і m_4 зв'язані з демпферами 5 і 13. Їх роль виконують деформації ведучого 7 і вільного 11 коліс (рис.2.2). Ця просторова система сил (рис.2.4), що створює бортові динамічні ланцюги передачі енергії, зв'язана між собою за допомогою диференціальної передачі ведучого моста. На підставі законів теорії механізмів і машин, такі ланцюги можна розглядати як незалежні системи: рівняння (2.52 – 2.56) з накладеними умовами, система рівнянь (2.57 – 2.58) за граничними умовами (2.60–2.63).

Дотримуючись строго законів механіки приведення сил, моментів, рухомих мас, жорсткостей (потенційних енергій) пружин і пружних деформацій (коліс і шківів) система ланцюгів (рис.2.2) і система сил та моментів (рис.2.4) зводиться до найпростішого вигляду для аналізу умов рівноваги (рис.2.8), втрат енергії та інших задач, як то, реалізації збереження центру мас, кількості руху, передачі енергії (рівняння 2,64 – 2,68).

Умови рівноваги кінематичного ланцюга передачі енергії мають такі особливості:

- координати прямокутних осей XYZ – осі приведення вибрані так, що площина ZOY лежить в площині симетрії мас і сил, жорстких підвісок C_0OD_0 ;

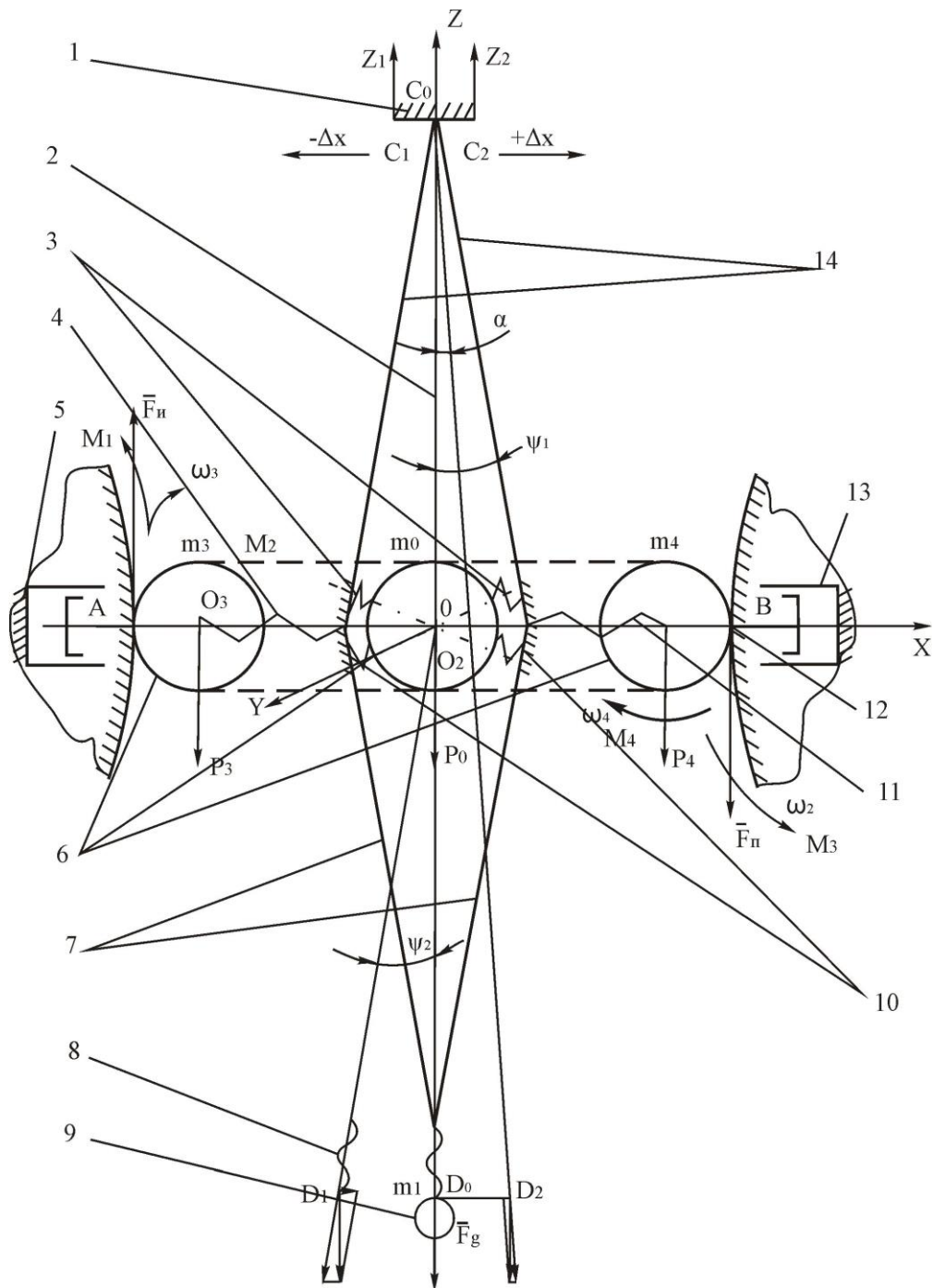


Рис. 2.8. Бортова система пристрою в статиці: 1– рухома опора пружної підвіски; 2 – площина пружності (симетрії) коливань мас m_0 , m_3 , m_4 , m_1 ; 3, 4, 8, 10, 11 – приведені жорсткості до зосереджених мас; 5, 13 – «демпфери» джерела і стоку коливань ; 6, 9 – приведені маси кінематичного ланцюга і маси вантажу m_i ; 7 – нижня пружна підвіска; 12 – область стоку енергії; 14 – верхня пружна частина підвіски кінематичного ланцюга.

- маси m_0, m_1-m_4 – це приведені маси, що зосереджені в центрах O_2, O_3, O_4 і в точці додатку сили F_g ;
- координати точок А, В (джерела і стоку енергій) зберігаються;
- потенційні сили жорсткостей пружин і пружних підвісок та сил тертя в точках А В, прийняті як активна пара сил F_u і F_n .

У динаміці центр мас O кінематичного ланцюга скоює віртуальне переміщення по осях Z, X через відхилення площини C_0OD_0 на кут α (рис. 2.8) і зміну характеристик пружних підвісок 14, 7 при переміщенні їх на кути ψ_1 і ψ_2 .

При цьому координата жорсткого зв'язку в точці C_0 може приймати малі відхилення по осі X на $\pm \Delta x$, а координата D_0 сили F_g у фазі може не співпадати з масою m_0 , що створює момент щодо осі OY однаковий або протилежний діючому від сил F_u і F_n .

В цьому випадку головний момент відносно осі OY приймає довільний коливальний характер, що враховується заміною правої частини в рівнянні (2.49) системи (2.53), а також в системі рівнянь (2.52). Шини в точках А і В (рис.2.8) виступають як демпфери коливань але при змінних жорсткостях 3, 4, 8, 10, 11 і кутах α, ψ_1, ψ_2 , збуреннях джерелом коливань центру O і точок А, В не виключається «розрив» ланцюга, що приведе до зростання втрат енергії в самому ланцюзі.

Висловлені умови рівноваги і їх особливості диктують необхідність обґрунтування вибору жорсткостей всієї системи і амплітудно–частотних характеристик в точках джерела А і стоку В енергії, що передається, але не просто жорсткостей пружин, а жорсткостей, що визначають об'ємно–напружений стан поверхонь (площ) контактів в джерелі і стоці для передачі крутного моменту без ковзання та без зайвих втрат.

Продовжуючи приведення сил і мас за правилами приведення плоскої системи кінематичного ланцюга, виконуючи вимоги законів механіки схема (рис.2.8) набуває вигляду (рис.2.9) довільного маятника з трьома ступенями свободи φ, ψ, X і трьома приведеними масами m_1, m_2, m_g . На масу m_2 , з одного боку діє сила приведеної жорсткості пружини $F = \delta_0 k_0$, а з другого боку сила

тяжіння F_1 і сила реакції демпфера, що створює активну силу тертя в точках А, В. Друга маса m_2 піддається дії жорсткої підвіски $F_g = \delta_1 k_0$.

В загальному вигляді це можна записати так:

$$\left. \begin{aligned} F_i &= f_1 \left(\frac{d\varphi_1}{dt}, \frac{d\psi_i}{dt}, \delta_i, \varphi_i, \psi_i, t \right); \\ C_i &= f_2 \left(\frac{dC_0}{dt}, \pm \Delta X, \frac{\Delta \bar{X}}{\Delta t}, \varphi, \psi, t \right) \end{aligned} \right\} \quad (2.71)$$

де $\delta_i, \varphi_i, \psi_i, \Delta X$ – малі параметричні відхилення від рівноважного стану; $C_i = C(\Delta x)$ – координати підвіски;

$$\delta_i = \frac{F_i}{\Delta X} \text{ жорсткість пружних елементів.}$$

Якщо $l_0 > l_1$ (рис.2.9) при фазових положеннях $\frac{d\varphi}{dt} > 0$, і $\frac{d\psi}{dt} > 0$, то це цілком виправдано зміною приросту $+\Delta X \approx OO_1$, коли сили стислих пружин, приведені до «0» і рівні реакції демпфера $\frac{d^2x}{dt^2} = 0$. Це крайнє положення маси m_1 . А якщо $\frac{d\varphi}{dt} > 0$, і $\frac{d\psi}{dt} > 0$, то сила $F_{gx} = -F_g$ повертає масу m_g в рівноважний стан і буде більше $\frac{d^2\alpha}{d\varphi} = \frac{1}{m_g} (F_g \cos \psi)$, тобто згідно рис.2.8:

$$\left| -F_g \cos \alpha \right| > \frac{1}{m_g} (F_g \cos \psi). \quad (2.72)$$

Нерівність (2.73) приводить до зміни сил тертя передач (крутного моменту)

$$F_u r_3 \left| \begin{array}{l} > \\ < \end{array} \right| F_n (r_4 = r_3). \quad (2.73)$$

Де $r_4 = r_3$ – радіуси передавальних коліс в точках А, В (рис.2.2), які визначаються об'ємно-напруженим станом ободів пневматичних коліс і зусиллям приведеної жорсткості пружних зв'язків (рис.2.9).

Таким чином, оцінка передачі енергії та її втрати в кінематичному ланцюзі зводяться до рішення рівнянь Лагранжа другого роду з початковими

(2.57–2.58), граничними (2.60) і додатковими умовами (2.73, 2.74) для інтеграції рівнянь (2.64 – 2.68).

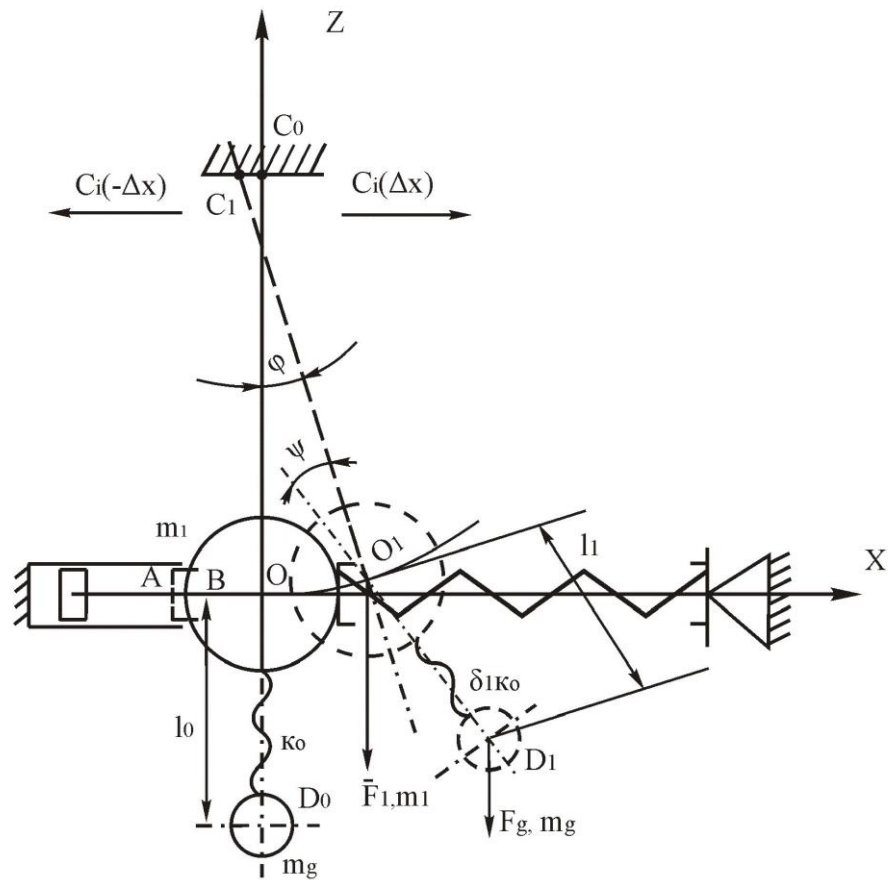


Рис. 2.9. Приведена схема кінематичного ланцюга передачі енергії і втрат енергії.

Рішення рівнянь Лагранжа другого роду заздалегідь вимагають чіткого визначення узагальнених координат і узагальнених сил, як активних, заснованих на загальному рівнянні динаміки при будь-якому віртуальному переміщенні від дії активних сил і сил інерції. Їх робота рівна нулю:

$$\sum_{k=1}^{k=n} (F_k - m_k W_k) \delta r_k = 0. \quad (2.75)$$

де m_k – зосереджена (приведена) маса; F_k – активні сили;

W_k – швидкість маси m_k у фіксований момент часу;

δr_k – варіація радіус-вектора по узагальненій координаті ;

k – індекс віртуального переміщення ($k = 1, 2, 3$), приймається рівним числу ступенів свободи.

Використаємо рівняння Лагранжа другого роду у вигляді, зручному для аналізу, коли число узагальнених координат рівне числу ступенів свободи:

$$\frac{d}{dt} \cdot \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_j} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_j} = Q_j \quad (j = S = 1, 2, 3). \quad (2.76)$$

де j, S – координата і ступінь свободи відповідно;

T – кінетична енергія;

q_j – узагальнена координата;

Q_j – узагальнена сила, рівна сумі приведених активних сил, без реакцій ідеальних зв'язків, але з урахуванням сил тертя, що проводять роботу по швидкості вимірювання радіус–вектора від переміщення по узагальненій координаті

$$Q_j = \sum F_k \frac{\partial r_k}{\partial q_j} \quad (j = S = 1, 2, 3). \quad (2.77)$$

Проекції радіус–вектора m_k будуть:

$$\left(\frac{\partial r_k}{\partial q_j} \right)_x = \left(\frac{\partial x_k}{\partial q_j} \right); \quad \left(\frac{\partial r_k}{\partial q_j} \right)_y = \frac{\partial y_k}{\partial q_j}; \quad \left(\frac{\partial r_k}{\partial q_j} \right)_z = \frac{\partial z_k}{\partial q_j}.$$

де x_k, y_k, z_k – координати при фіксованому часу $t = t_j = \text{const}$.

Схема навантаження кінематичного ланцюга передачі енергії (рис.2.10) як системи з трьома ступенями свободи з узагальненими координатами X, φ, ψ , з приведеними масами m_1 – m_3 і з навантаженнями від джерела і стоку енергії через пружні зв'язки, ідеальної по характеристиках, дозволяє зробити висновки диференціальних рівнянь руху ланцюга і оцінити втрати в передачі енергії.

Кінетична енергія кінематичного ланцюга буде рівна сумі енергій мас (рис.2.10):

$$T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 \text{ с}, \quad (2.78)$$

де T_1 – кінетична енергія поступального руху:

$$T_1 = \frac{1}{2} m_1 \left(\frac{dx}{dt} \right)^2 \text{ с,} \quad (2.79)$$

T_2 – кінетична енергія маси m_2 щодо O :

$$T_2 = \frac{1}{2} m_2 \left(\frac{dx}{dt} \right)^2 + m_2 z_2 \left(\frac{dx}{dt} \right) \left(\frac{\partial \varphi}{\partial t} \right) \cos \varphi + \frac{1}{2} I_2 \left(\frac{\partial \varphi}{\partial t} \right)^2, \quad (2.80)$$

T_3 – кінетична енергія маси m_3 :

$$T_3 = \frac{1}{2} m_g \left(\frac{dx}{dt} \right) + m_g z_g \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x \partial \varphi} \right)^{-1} \cos(\varphi + \psi) + \frac{1}{2} I_g \left(\frac{\partial(\psi + \varphi)}{\partial t} \right)^2, \quad (2.81)$$

T_4 – енергія сил тертя в точках A і B (рис.2.8);

$$T_4 = \sum (-F_u x_u + F_n x_n), \quad (2.82)$$

де x, z – координати;

I_3 – момент інерції у відносному русі, рівний $I_3 = m_2 r^2 = m_g (h_1 + h_2)^2$,

аналогічно $I_3 = m_2 h_1^2$.

Потенційна енергія кінематичного ланцюга буде рівна

$$П = П_1 + П_2 + П_3 + П_4, \quad (2.83)$$

де $П_1 = 0$, центр підвіски всього кінематичного ланцюга по осі Z , який не переміщається ($\Delta z = dz = 0$);

$$П_2 = -m_2 g h_1 \cos \varphi - \text{потенційна енергія маси } m_2 ; \quad (2.85)$$

$$П_3 = -m_2 g h_2 \cos(\varphi + \psi) - \text{потенційна енергія маси } m_3; \quad (2.86)$$

$$П_4 = [-F_u [x_u + \delta(x_u)] + F_n [x_n + \delta(x_n)]] - \text{потенційна енергія сил тертя}$$

від активних сил пружності $F = k_i \Delta x_i$ і \bar{R} ; (2.87)

$(\delta x)_n, (\delta x)_u$ – прирости координат додатку сил тертя, що визначають

модулі енергії за рахунок деформації в точках A і B (рис.2.8);

x_u, x_n – координати ідеальних зв'язків, коли коефіцієнт ковзання рівний нулю.

На підставі диференціальних зв'язків узагальнених координат і сил рівняння (2.79–2.82) і (2.86–2.87) отримаємо рівняння Лагранжа другого роду для ланцюга передачі енергії, які представляються у такому вигляді:

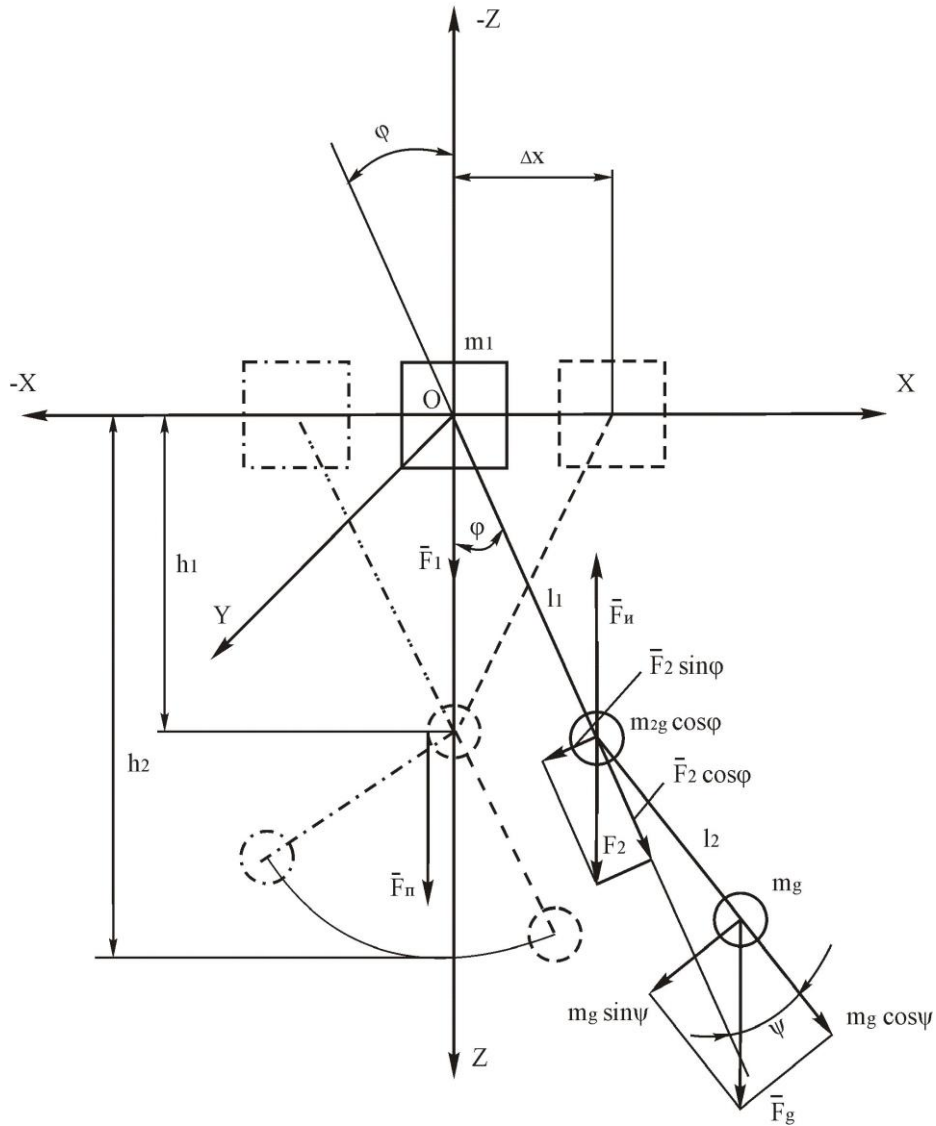


Рис. 2.10. Схема навантажень кінематичного ланцюга передачі енергії: m_1, m_2, m_g – приведені маси до початку координат X, O, Z підресорених частин транспортної машини, кінематичного ланцюга передачі енергії, поновлюючої стійкий стан відповідно; $\bar{F}_1, \bar{F}_2, \bar{F}_g, \bar{F}_u, \bar{F}_n$ – сили земного тяжіння мас m_1, m_2, m_g і сили тертя в парі джерела та стоку енергій; $\Delta x, h_1, h_2, \varphi, \psi$ – узагальнені координати центрів приведених мас.

$$\frac{d}{dt} \cdot \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} \right) - \frac{\partial T}{\partial \varphi} = Q_x; \quad (2.88)$$

$$\frac{d}{dt} \cdot \left(\frac{\frac{\partial T}{\partial(\varphi + \psi)}}{\frac{\partial T}{\partial t}} \right) - \frac{\partial T}{\partial(\varphi + \psi)} = Q_{(\varphi + \psi)}; \quad (2.89)$$

$$\frac{d}{dt} \cdot \left(\frac{\frac{\partial \Pi}{\partial(\varphi + \psi)}}{\frac{\partial \Pi}{\partial t}} \right) - \frac{\partial \Pi}{\partial(\varphi + \psi)} = \sum_{j=1}^{j=3} M_z [(\varphi + \psi), (l_u, l_n)]; \quad (2.90)$$

де $M_z [(\varphi + \psi), (l_u, l_n)]$ – момент сил відносно осі OZ.

Висновки

1. Проведений багатопараметричний аналіз кінематичного ланцюга передачі енергії від ведучого колеса автомобіля до колеса вільного обертання із задоволенням початкових умов і обмежень, накладених на диференціальні рівняння за модульних граничних умов, дозволили одержати інтегральні рівняння збереження центру мас, кількості руху та енергії, тобто доказати життєдіяльність пристрою для збільшення тяги на гаку автомобіля.

2. Одержані аналітично кінематичні співвідношення синхронізації передачі енергії по бортах транспортної машини введенням муфти вільного ходу, на основі якої визначається час включення ланцюга по змінному радіусу кривизни траєкторії технологічного процесу.

3. Сформульовані і визначені умови рівноваги кінематичного ланцюга передачі енергії, показані шляхи і умови приведення мас, сил до єдиного центру мас всієї системи, що дозволило весь кінематичний ланцюг розглядати як довільний маятник з рухомою точкою підвісу з однією приведеною силою і одним демпфером, а це дало можливість використати узагальнені координати і сили та визначити число ступенів свободи для отримання енергетичного балансу на основі рівнянь Лагранжа другого роду.

4. Розроблена математична модель робочого процесу кінематичного ланцюга передачі енергії для розрахунку і аналізу функцій та параметрів, що

визначаються. Модель дозволяє набувати оптимальні значення, відхилення, яких необхідно приймати як порушення технічного стану в експлуатації, використовуючи тільки один експериментально одержаний аргумент – жорсткість активних поверхонь (коліс автомобіля).

5. Теоретичні висновки і розрахунки можуть послужити основою для розробки генерального проекту під будь-який транспортно-технологічний засіб (автомобіль), який може виконувати сільськогосподарські операції в полі як тяговий засіб, з причіпними сільськогосподарськими машинами із запасом маси матеріалу, на борту (насіння, добрива і т. п.)

3. МЕТОДИКА І ПРОГРАМА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Програма досліджень

У відповідності з метою і завданнями наукової роботи, для вирішення питань підвищення ефективності використання обґрунтованого комплексу машин у фермерських господарствах за рахунок різних видів і методів його спільного використання, програма експериментальних досліджень включала наступні етапи:

1. Проведення аналізу виробничих умов використання комплексу машин у фермерських господарствах півдня України шляхом статистичних досліджень.

2. Проведення експериментальних хронометражних спостережень для визначення техніко–експлуатаційних параметрів комплексу машин фермерських господарств з тракторів МТЗ–80.1, ЮМЗ-8240.2, ХТЗ-17022, автомобіля ЗІЛ– 4331 (рис. 3.1) з сільськогосподарськими машинами БДТ–3, ПЛН–5–35, БЗС–1,0, КПС–4, СЗ–3,6, ЗККШ–6 та комбайну СК–5М:

– структури витрат часу машинно–тракторних агрегатів протягом доби при спільному їх використанні на семи технологічних операціях: дискуванні, оранці, боронуванні, культивації, сівбі, прикочуванні та підбору валків;

– складових сукупного коефіцієнта використання комплексу машин на основних польових механізованих роботах;

– тягових показників і тиску задніх коліс на ґрунт транспортно–енергетичного засобу при виконанні польових робіт;

– фактичної продуктивності машинно–тракторних агрегатів при їх спільному використанні.

3. Визначення оптимальної площі фермерських формувань для використання рекомендованого складу комплексу машин.

4. Визначення оптимального рівня концентрації фермерських господарств при спільному використанні комплексу машин в залежності від відстані між ділянками фермерських угідь.

5. Обґрунтування комплексу машин для спільного використання фермерськими господарствами

6. Статистична обробка одержаних даних.



Рис.3.1 Використання автомобіля ЗІЛ–4331 з сільськогосподарською машиною ЗКШ–6 на прикочуванні

3.2. Планування експерименту та методика досліджень

З метою перевірки теоретичних положень експериментальні дослідження проводились методом безпосереднього включення на протязі 4–х років на виконанні всього комплексу польових механізованих робіт у фермерських господарствах Білгород–Дністровського, Розділянського, Комінтернівського, Біляївського та Березівського районів Одеської області, починаючи з підготовки техніки до весняних польових робіт і закінчуючи оранкою пару.

В процесі досліджень використовувався статистичний матеріал і експериментально виконувався весь комплекс реальних польових механізованих робіт. В названих районах були створені міжфермерські пункти прокату, безпосередньо відроблений механізм спільного використання техніки в рамках сусідської взаємодопомоги на прикладі декількох десятків

фермерських господарств, що дало можливість об'єктивно і суб'єктивно оцінити одержані результати та реально оцінити ефективність розроблених рекомендацій.

Складові елементи часу використання машинно–тракторних агрегатів (МТА) у фермерських господарствах визначались в результаті хронометражних спостережень, які проводились відповідно до розробленої класифікації (рис. 3.2).

Визначення ступеню використання МТА, виявлення тривалості їх роботи, видів і тривалості їх простоїв, установлення продуктивності здійснювались за допомогою фотографії часу використання МТА у фермерських господарствах. При цьому вивчались в хронологічній послідовності всі затрати часу при проведенні конкретної технологічної операції на протязі доби. При вивченні затрат часу методом фотографії в окремі періоди проводились хронометражні спостереження, коли елементи часу реєстрували шляхом вимірювання тривалості циклічно повторюваних елементів час.

Необхідне для досягнення заданої точності число замірів при хронометражних спостереженнях розраховувалось за формулою:

$$n = \left(\frac{tV}{\Delta} \right)^2; \quad (3.1)$$

де n – число замірів;

t – нормоване значення t – критерію Стюдента ;

V – коефіцієнт варіації;

Δ – точність середніх значень.

Число замірів у залежності від заданої точності, вірогідності і коефіцієнту варіації визначалось з таблиці.

Необхідне число замірів по кожному елементу часу використання МТП відповідало наступним значенням:

- а) для агрегату, працюючого по технологічним циклам – не < 10 ;
- б) для агрегату другого типу – не < 3 контрольних змін тривалістю не менше 18 годин використання агрегату;

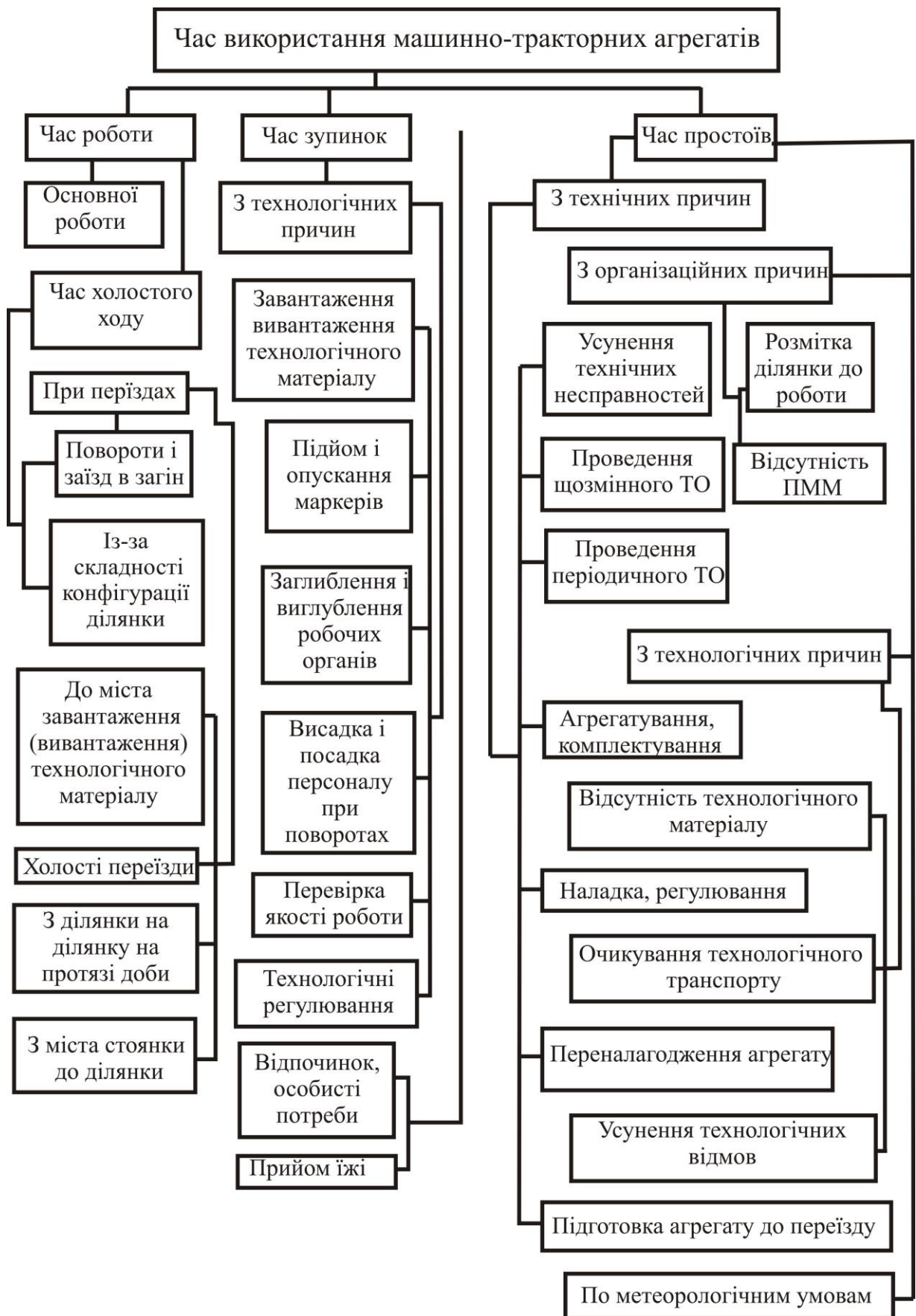


Рис.3.2. Класифікація часу використання машинно-тракторних агрегатів у фермерських господарствах.

в) час одного повороту, одного технологічного обслуговування – фактична кількість замірів за час основної роботи, але не < 10 ;

г) час на підготовку агрегату до роботи і переїзду – не < 3 замірів.

Елементи робочого часу фіксувались сумарно по елементам кожної операції за допомогою секундоміра.

Висновки замірів записувались в спостережні листи установчої форми. Перед початком спостереження у відповідні розділи спостережного листа заносили відомості по застосованому МТА і умовах його використання на земельній ділянці фермерського господарства. На протязі доби використання МТА хронометражні спостереження проводились не менше двох раз: через 1,0 – 1,5 години після початку і за 1,5 – 2,0 години до закінчення роботи агрегату.

Точність замірів часу при хронометражі залежить від тривалості елементів, які вивчаються. При тривалості елементів менше 10 секунд затрати часу фіксували з точністю до 0,1 секунди, в інших випадках – до 1,0 секунди. При фотографії часу використання МТА точність відліку часу приймали рівну до 1,0 хв., а на операціях, де фіксували елементи протягом менше 1 хв. – до 5 секунд.

Тягове зусилля транспортно–енергетичного засобу замірялося тяговим динамометром ДПУ–2 з межею вимірювань 2,0–20,0 кН та ціною ділення шкали 0,2 кН, швидкість руху через шлях 100 м та час його проходження, а тиск коліс автомобіля на ґрунт – згідно методики польових дослідів.

Відомі методики визначення змінної продуктивності і витрати палива машинно–тракторних агрегатів розроблені для економічної оцінки механізованих технологій і комплексів технічних засобів рослинництва, формування машинно–тракторного парку сільськогосподарських підприємств.

У їхній основі лежить один загальний методичний підхід – по відомим питомому опорі агрегату і тяговій характеристиці трактора визначається швидкість руху, а потім продуктивність і витрата пального МТА на конкретній операції.

Для цього потрібно багато розрахунків, які були достовірні для роботи МТА на великих площах багатогалузевих господарств.

Для фермерських господарств, коли площі сільськогосподарських культур невеликі, більшість ділянок неправильної форми, способи руху агрегату можуть бути не традиційними, показники роботи МТА визначають по наступним реальним формулам.

В процесі хронометражних спостережень, окрім витрат складових добового часу на технологічних операціях, визначались і показники роботи МТА.

Середню робочу ширину захвату (B_p) розраховували шляхом ділення ширини обробленої заїмки земельної ділянки (B_a) в метрах на число проходів агрегату за спостереження (n_n):

$$B_p = B_a / n_n \quad (3.2)$$

При обробці ділянок неправильної конфігурації або роботі способом "вкругову" робочу ширину захвату агрегату визначали як середню за декілька проходів шляхом заміру в 3–4 місцях на протязі часу спостереження.

Діленням середньої ширини захвату агрегату (B_p) на його конструктивну ширину (B_k) визначали коефіцієнт використання конструктивної ширини захвату :

$$\beta = B_p / B_k \quad (3.3)$$

Середню робочу швидкість руху агрегату при обробці ділянок правильної конфігурації знаходили за формулою :

$$V_p = (L_{cp} \times n_n) / (3600 \times T_1), \quad (3.4)$$

де V_p – робоча швидкість руху агрегату, м/с.

L_{cp} – середня довжина гону, м ;

T_1 – час основної роботи агрегату, год;

На ділянках неправильної форми середню робочу швидкість визначали за формулою:

$$V_p = (2,78 \times F) / (B_p \times T_1), \quad (3.5)$$

де F – площа, яка оброблена агрегатом за годину спостереження, га. Середню транспортну швидкість МТА при холостих переїздах розраховували за формулою:

$$V_m = S_T / T_T, \quad (3.6)$$

де S_T – сумарний шлях холостих переїздів агрегату, м;

T_T – сумарний час холостих переїздів агрегату, с.

Досліджувальні параметри в експерименті та діапазон їх варіювання приведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Параметри, що варіюються в експерименті за визначенням їх впливу на показники ефективності спільного використання комплексу машин у фермерських господарствах

x_i Параметри	-1	0	+1	Інтервал
1. Час основної роботи, год	7	12	17	1
2. Швидкість руху МТА, м/с	2,2	2,6	3	0,16
3. Довжина гону земельних ділянок, м	0	550	1100	100
4. Середня відстань від бази власника техніки до земельної ділянки користувача, км	0	22,5	45	5

Для обчислення мод (найбільш ймовірних значень параметрів) треба знайти їх розподіл, який згідно критерію Пірсона приведений на рис.4.4а, та 4.9.

Згідно таблиці 3.1 функції відгуку технологічної моделі мають вигляд $F(p_1, p_2, p_3, p_4)$,

де p_i – дослідний параметр, i – номер параметра.

В безрозмірних координатах функція відгуку перетворюється до вигляду $f(x_1, x_2, x_3, x_4)$,

$$ex_i = \frac{2p_i - \max p_i - \min p_i}{\max p_i - \min p_i}; \quad (3.7)$$

Таким чином експеримент проводиться на одиничному гіперкубі в інтервалах $-1 \leq x_i \leq 1$.

Виникає задача планування експерименту на чотирьохмірному гіперкубі. В цьому випадку для трьох значень координат кількість строчок матриці планування дорівнює $3^4 = 81$. Для скорочення кількості строчок матриці планування використаємо тільки координати вершин, центрів граней гіперкуба (таблиця 3.2.), а також центри його ребер (таблиця 3.3.)

Запишемо всі ребра гіперкуба і матриці планування:

- | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 1) (1, 1, 1, 1) – (1, 1, 1, -1) | 7) (1, 1, 1, -1) – (1, 1, -1, -1) |
| 2) (1, 1, 1, 1) – (1, 1, -1, 1) | 8) (1, 1, -1, 1) – (-1, 1, -1, 1) |
| 3) (1, 1, 1, 1) – (1, -1, 1, 1) | 9) (1, 1, -1, 1) – (1, -1, -1, 1) |
| 4) (1, 1, 1, 1) – (-1, 1, 1, 1) | 10) (1, -1, 1, 1) – (-1, -1, 1, 1) |
| 5) (1, 1, 1, -1) – (-1, 1, 1, -1) | 11) (1, -1, -1, 1) – (-1, -1, -1, 1) |
| 6) (1, 1, 1, -1) – (1, -1, 1, -1) | 12) (1, -1, -1, 1) – (1, 1, -1, 1) |
| 13) (1, -1, -1, 1) – (1, -1, 1, 1) | 18) (1, -1, 1, -1) – (1, -1, 1, 1) |
| 14) (1, -1, -1, 1) – (1, -1, -1, -1) | 19) (1, 1, -1, -1) – (-1, 1, -1, -1) |
| 15) (1, -1, 1, -1) – (-1, -1, 1, -1) | 20) (1, 1, -1, -1) – (1, -1, -1, -1) |
| 16) (1, -1, 1, -1) – (1, 1, 1, -1) | 21) (1, 1, -1, -1) – (1, 1, 1, -1) |
| 17) (1, -1, 1, -1) – (1, -1, -1, -1) | 22) (1, 1, -1, -1) – (1, 1, -1, 1) |

Таблиця 3.2

Матриця планування дослідів на вершинах і гранях гіперкуба

К	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄
1	1	1	1	1
2	1	1	1	-1
3	1	1	-1	1
4	1	-1	1	1

К	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄
17	1	0	0	0
18	-1	0	0	0
19	0	1	0	0
20	0	-1	0	0

5	1	-1	-1	1
6	1	-1	1	-1
7	1	1	-1	-1
8	1	-1	-1	-1
9	-1	1	1	1
10	-1	1	1	-1
11	-1	1	-1	1
12	-1	-1	1	1
13	-1	-1	-1	1
14	-1	-1	1	-1
15	-1	1	-1	-1
16	-1	-1	-1	-1

а

21	0	0	1	0
22	0	0	-1	0
23	0	0	0	1
24	0	0	0	-1
25	0	0	0	0
26	-1	-1	0	1
27	-1	0	-1	-1
28	-1	0	1	-1
29	-1	0	-1	-1
30	-1	1	-1	0
31	-1	-1	1	0
32	-1	1	0	-1

б

де К– номер досліду, а – координати вершин,

б – координати центрів граней і початку координат (К=32).

Таблиця 3.3

Матриця планування дослідів на ребрах гіперкуба

К	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄
1	0	1	1	1
2	1	0	1	1
3	1	1	0	1
4	1	1	1	0
5	0	1	1	-1
6	1	0	1	-1
7	1	1	0	-1
8	0	1	-1	1
9	1	0	-1	1
10	1	1	-1	0
11	0	-1	1	1

К	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄
17	0	-1	-1	1
18	1	-1	-1	0
19	0	-1	1	-1
20	1	-1	0	-1
21	0	1	-1	-1
22	1	0	-1	-1
23	0	-1	-1	-1
24	-1	-1	0	-1
25	-1	-1	-1	0
26	-1	-1	0	1
27	-1	0	-1	1

12	1	-1	0	1
13	1	-1	1	0
14	-1	0	1	1
15	-1	1	0	1
16	-1	1	1	0

28	-1	0	1	-1
29	-1	0	-1	-1
30	-1	1	-1	0
31	-1	-1	1	0
32	-1	1	0	-1

Отже, матриця планування 3.2 має 32 строчки. Якщо потрібно і далі скоротити матрицю планування, то треба в таблиці 3.2 залишити парні або непарні номери строчок. Для побудови регресії другого порядку (3.8) треба згідно з планом 3.2. обчислити 55 сум

$$f(x_1, x_2, x_3, x_4) = \sum_{i=1}^4 a_i x_i^2 + 2 \sum_{i < j} a_{ij} x_i x_j + c; \quad (3.8)$$

$$\begin{aligned}
S_{11} &= \sum x_1; & S_{12} &= \sum x_1^2 x_2^2; & S_{13} &= \sum x_1^2 x_3^2; & S_{14} &= \sum x_1^2 x_4^2; \\
S_{15} &= \sum x_1^3 x_2; & S_{16} &= \sum x_1^3 x_3; & S_{17} &= \sum x_1^3 x_4; & S_{18} &= \sum x_1^2 x_2 x_3; \\
S_{19} &= \sum x_1^2 x_2 x_4; & S_{1,10} &= \sum x_1^2 x_3 x_4; & S_{1,11} &= \sum x_1^2; \\
&\dots\dots\dots \\
S_{10,1} &= \sum x_1^3 x_2; & S_{10,2} &= \sum x_1 x_2^3; & S_{10,3} &= \sum x_1 x_2 x_3^2; & S_{10,4} &= \sum x_1 x_2 x_4^2; & ; \\
S_{10,5} &= \sum x_1^2 x_2^2; & S_{10,6} &= \sum x_1^2 x_2 x_3; & S_{10,7} &= \sum x_1^2 x_2 x_4; & S_{10,8} &= \sum x_1 x_2^2 x_3; \\
S_{10,9} &= \sum x_1 x_2^2 x_4; & S_{10,10} &= \sum x_1 x_2 x_3 x_4; & S_{10,11} &= \sum x_1 x_2; \\
&\dots\dots\dots \\
S_{11,11} &= N,
\end{aligned} \quad (3.9)$$

де N – кількість строчок матриці планування.

В (3.9) індекси знаходяться в межах $1 \leq K \leq 32$.

Суми (3.9) утворюють матрицю S порядку 11, яка належить матричному рівнянню $SX = B$,

де

$$X = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ b_{12} \\ b_{13} \\ b_{14} \\ b_{23} \\ b_{24} \\ b_{34} \\ c \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} \sum_{K=1}^{32} f_K x_{1K}^2 \\ \sum_{K=1}^{32} f_K x_{2K}^2 \\ \sum_{K=1}^{32} f_K x_{3K}^2 \\ \sum_{K=1}^{32} f_K x_{4K}^2 \\ \sum_{K=1}^{32} f_K x_{1K} x_{2K} \\ \sum_{K=1}^{32} f_K x_{1K} x_{3K} \\ \sum_{K=1}^{32} f_K x_{2K} x_{3K} \\ \sum_{K=1}^{32} f_K x_{2K} x_{4K} \\ \sum_{K=1}^{32} f_K x_{3K} x_{4K} \\ \sum_{K=1}^{32} f_K \end{pmatrix}$$

Вектор X дає коефіцієнти квадратичної регресії (3.8). Якщо користуватися комп'ютерними технологіями, то для обчислення параметрів регресії досить на вході відповідної програми записати тільки матрицю планування та значення функції відгуку для кожної її строчки. Формула регресії (3.8) потрібна для оптимізації технологічної моделі.

Як показав дисперсійний аналіз, коефіцієнт конструктивної ширини захвату посівного агрегату в інтервалі його використання практично мало впливає на продуктивність.

Тому є можливість залишити чотири фактори: довжина гону, відстань від виробничої бази до земельної ділянки, час фермера на польових роботах, та швидкість агрегату.

Продуктивність МТА за одну годину основного часу (W_o) при виконанні конкретної технологічної операції розраховували з наступних формул:

$$W_o = F / T_1 \quad \text{і} \quad W_o = 0,36 B_p V_p, \quad (3.10)$$

Витрата палива на 1 га обробленої площі визначалась за формулою:

$$q_{га} = \frac{Q_i}{F_i}; \quad (3.11)$$

де Q_i – витрати палива від початку до кінця роботи на фермерській ділянці (основна робота, повороти, переїзди і зупинки агрегату), кг;

F_i – площа ділянки, оброблена МТА, га.

По закінченні спостережень за роботою МТА на протязі часу його використання за добу проводили первинну обробку отриманих матеріалів, де визначали максимальні і мінімальні значення замірів, знаходили фактичний коефіцієнт стійкості хроноряду (K_c) за формулою:

$$K_c = t_{max} / t_{min}; \quad (3.12)$$

де t_{max} , t_{min} – максимальне і мінімальне значення членів хроноряду.

Про якість отриманих результатів спостереження судять шляхом порівнювання коефіцієнту стійкості даного ряду з нормативним. Якщо отриманий коефіцієнт стійкості менше або дорівнює нормативному, то ряд вважається стійким. Якщо фактичний коефіцієнт стійкості більше нормативного, то потрібно виключити одне – два крайніх значення, які не повторювались більше одного разу. Таке виключення значень (не більше 25% від всіх замірів) проводять до отримання стійкого ряду.

Після поліпшення хроноряду визначали середню тривалість елементу технологічної операції по методу середньоарифметичної.

Стандартну помилку середньої арифметичної визначали за формулою:

$$m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}; \quad (3.13)$$

де σ – середньоквадратичне відхилення .

Стандартна помилка характеризує межі коливання середньої арифметичної тривалості кожного елементу технологічної операції.

Поелементні затрати часу зводили в групи у співвідношенні з класифікацією часу використання МТА (рис. 4.1) і потім підсумовували. В результаті визначали фактичні затрати часу по групам і питому вагу кожної групи в процентах, що і складало баланс часу використання агрегату.

Як правило, підсумована тривалість всіх елементів технологічної операції повинна дорівнювати загальній тривалості часу спостереження.

Складові сукупного коефіцієнту знаходили, використовуючи отримані і визначені по групам фактичні затрати часу за формулами (2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 2.10, 2.11, 2.12, 2.13, 2.14, 2.15)

3.3. Методика обробки статистичних та експериментальних даних

Досліджувані параметри, що впливають на показники ефективності спільного використання комплексу машин у фермерських господарствах з їх ділянками неправильної форми та розташуванням на різній відстані між ними, є випадковими величинами, які визначаються експериментально. Складання теоретичних моделей для таких систем достатньо складна задача, оскільки на неї впливає практично нескінченне число випадкових чинників, які потрібно або не враховувати, або спрощувати. Тому для складання опису таких систем необхідне дослідження взаємного впливу різних параметрів чинників один на одного.

Методи статистичної обробки випадкових величин, одержаних експериментальним шляхом в механізації сільського господарства, представлені в наукових роботах. Статистична обробка результатів, виконується в наступній послідовності:

- визначення параметрів емпіричного розподілу випадкової величини;
- порівняння параметрів експериментального розподілу по певних критеріях з відомими теоретичними розподілами;
- вирівнювання експериментального розподілу до прийнятого або заданого теоретичного;
- порівняння експериментального і теоретичного розподілу по певному критерію узгодження;
- встановлення функціональної залежності між двома випадковими величинами.

У кожен теоретичний розподіл, що описує значення випадкових параметрів, входять декілька величин, які називаються параметрами розподілу: середнє значення, математичне очікування, середньоквадратичне відхилення, дисперсія. Оскільки ці величини для досліджуваних чинників наперед не відомі, то визначити їх можна шляхом обробки даних, одержаних експериментально.

Середнє значення для вибірки з n випадкових величин x_i коли x_i зустрічається m_i раз, визначається у вигляді:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i m_i}{n}; \quad (3.14)$$

При $n \rightarrow \infty$ частість величини сходиться до вірогідності її появи, а середнє значення сходиться до свого еквівалента вірогідності, яке називається математичним очікуванням:

$$M(x) = \int_{-\infty}^{\infty} x \cdot f(x) dx; \quad (3.15)$$

Математичне очікування дозволяє характеризувати центр розподілу випадкової величини залежно від закону її розподілу.

Для характеристики вибірки середнього значення виявляється недостатньо. Кожне значення випадкової величини відрізняється від середнього на величину

$(x_i - \bar{x})$, яку називають центрованою величиною. Зручно користуватися її квадратом, з тим, щоб не розглядати негативні відхилення. Середнє значення квадрата центрованої величини природним чином характеризує ширину розподілу і називається дисперсією, яка визначається з формули:

$$D(x) = \sum_i^n (x_i - \bar{x})^2 p_i ; \quad (3.16)$$

де $p_i = \frac{m_i}{n}$ – частість, i -того значення випадкової величини x_i .

А у вигляді вірогідності:

$$D(x) = \int_{-\infty}^{\infty} (x - M)^2 \cdot f(x) dx ; \quad (3.17)$$

Окрім дисперсії в теорії вірогідності прийнятий ще один параметр, який характеризує ширину розподілу, σ – середньоквадратичне відхилення або стандартне відхилення, яке для оцінки вірогідності визначається у вигляді

$$\sigma(x) = \sqrt{D(x)} ; \quad (3.18)$$

а для вибірки

$$\sigma = \sqrt{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2 p_i} ; \quad (3.19)$$

Таким чином, параметри розподілу випадкових чисел дозволяють охарактеризувати закони розподілу, а закони розподілу дозволяють визначити параметри розподілу.

Однією із загальних ознак, яка дозволяє по параметрах розподілення встановити закон розподілу випадкової величини, є коефіцієнт варіації, що визначається по залежності:

$$v = \frac{\bar{x}}{\sigma} ; \quad (3.19)$$

При коефіцієнті варіації в межах $0 < v < 0,3$ дані, одержані в результаті експерименту, відповідають закону нормального розподілу.

При коефіцієнті варіації $0,3 < \nu < 0,8$ розподіл значень випадкової величини може відбуватися як за законом нормального розподілу, так і за законом Вейбулла–Гнеденко.

При коефіцієнті варіації $0,8 < \nu < 1$ розподіл значень випадкової величини може відбуватися за законом Вейбулла–Гнеденко, який в окремому випадку може переходити в закон Релея.

В окремих випадках виникає необхідність для використання також коефіцієнтів асиметрії та ексцесу для обробки гістограм функціями розподілу Пірсона.

Найширше використання нормального розподілу на практиці пояснюється центральною граничною теоремою теорії вірогідності, яка стверджує, що розподіл випадкових погрішностей буде близький до нормального всякий раз, коли результати спостережень формуються під дією великого числа незалежно діючих чинників, кожний з яких надає лише незначну дію в порівнянні з сумарною дією всіх інших.

Визначення факторів, які суттєво не впливають на продуктивність праці можна одержати за допомогою дисперсійного аналізу.

Дисперсійний аналіз проводився на статистичному матеріалі, приведену в додатках В, Д, Ж, З, К, Л. Кожний додаток має вигляд таблиці, де стрічки показують номінальну ознаку, а стовбці – числове значення. Кожна стрічка відповідає номеру i ($1 < i < n$), а кожний стовбець номеру k ($1 < k < b$). Кожне числове значення таблиці означає елемент матриці x_{ik} , який можна назвати i -м елементом k -ї вибірки. По таким даним можна визначити вибіркоче середнє k -ї вибірки

$$\bar{x}_k = \frac{1}{n_k} \sum_{i=1}^{n_k} x_{ik} = \frac{1}{n} x_k ; \quad (3.21)$$

Загальне вибіркоче середнє дорівнює

$$\bar{x}_k = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^l \sum_{i=1}^{n_k} x_{ik} ; \quad (3.22)$$

де n – загальна кількість спостережень

$$n = \sum_{k=1}^l n_k ; \quad (3.23)$$

Загальна сума квадратів відхилень від загального середнього \bar{x} може бути записана так

$$\sum_{k=1}^l \sum_{i=1}^{n_k} (x_{ik} - \bar{x})^2 = Q_1 + Q_2 ; \quad (3.24)$$

де

$$Q_1 = \sum_{k=1}^l n_k (\bar{x}_k - \bar{x})^2 ; \quad (3.25)$$

$$Q_2 = \sum_{k=1}^l \sum_{i=1}^{n_k} (\bar{x}_{ik} - \bar{x}_k)^2 ; \quad (3.26)$$

Таким чином можна записати головну поточність дисперсійного аналізу

$$Q = Q_1 + Q_2, \quad (3.27)$$

де Q – загальна сума квадратів відхилень від загального середнього;

Q_1 – сума квадратів відхилень вибірових середніх від загального середнього;

Q_2 – сума квадратів відхилень спостережень від вибірових середніх. Звідси знаходимо статистику Фішера

$$F = \frac{\frac{Q_1}{l-1}}{\frac{Q_2}{n-l}} ; \quad (3.28)$$

Якщо статистика Фішера менше табличної квантілі її розподілу, то всі фактори мають однаковий вплив на дослідну величину. В цьому випадку обов'язково треба враховувати всі фактори.

Обробка статистичних і експериментальних даних проводилась по приведеній методиці на ПК за допомогою стандартних програм математичного забезпечення.

3.4. Методика вибору оптимального складу комплексу МТА по узагальнюючим критеріям

Для оцінки ефективності використання МТА при реалізації технологічного процесу використовують велику кількість окремих критеріїв: витрати ресурсів, необхідних для виконання технологічного процесу, коефіцієнти реалізації біологічного потенціалу культури, що вирощується, та ступінь погіршення стану екосистеми від дії МТА, що виконують технологічний процес.

Кожен із цих окремих критеріїв має свої переваги і недоліки, а при їх сумісному використанні доповнюють один одного.

Показниками, які мають важливе значення для оцінки ефективності роботи саме фермерів при сумісній роботі, є продуктивність агрегатів і витрата палива. Від цих критеріїв залежать всі інші техніко–економічні показники роботи агрегатів.

Кожен з цих окремих критеріїв (продуктивність агрегату, витрата палива, приведені затрати та енергетичні затрати на виконання технологічної операції) є частковою стратегією оптимізації технологічного процесу. З іншої сторони, частковими стратегіями оптимізації можна вважати можливий склад агрегату та спосіб його використання (індивідуальний або сумісний обробіток).

Скінчена кількість таких стратегій дозволяє зробити постановку задачі пошуку такої стратегії виконання технологічного процесу, яка задовольняла б вибору часткових стратегій та забезпечувала б екстремальне значення кожного окремого критерію або узагальнюючого критерію якості.

Найбільш загальна математична формація поставленої задачі зводиться до пошуку:

$$\text{extr}N(S_k) \quad (3.29)$$

де N – узагальнюючий критерій якості виконання технологічного процесу;

S_k – стратегії виконання технологічного процесу ($k = 1, 2, \dots, t$).

При виконанні польових механізованих робіт використовували узагальнюючий показник якості, який враховує ще й ступені вагомості окремих критеріїв.

Методика визначення ступенів вагомості окремих критеріїв та узагальнюючих критеріїв якості двох видів полягає в наступному.

Спочатку визначається ступінь вагомості кожного окремого показника, використовуючи метод граничних і номінальних значень, як найбільш доступний.

По цьому методу всі показники (критерії), які характеризують машину, умовно діляться на два види. Критерії першого виду – це такі, чисельне збільшення яких приводить до покращення технічного рівня машин, наприклад, продуктивність. Критерії другого виду – це такі, чисельне збільшення яких приводить до погіршення технічного рівня машин, наприклад, витрата палива.

Якщо розглядати декілька однотипних машин, які мають різні значення аналогічних критеріїв, то для критеріїв першого виду граничним є максимальне значення для цих показників, а для критеріїв другого виду – граничним буде мінімальне значення.

Номінальне значення критерію – це значення, яке має відповідний показник машини в даний момент часу.

Значення показників вагомості для машини визначались за формулою:

$$a_j = \frac{1 - q_j}{\sum_1^n (1 - q_j)}; \quad (3.30)$$

де a_j – показник вагомості даної (i –тої) машини по j –тому критерію;

q_j – доля покращення j –того критерію для i –тої машини;

$$q_j = \left(\frac{P_{jn}}{P_{jgp}} \right)^{\pm 1}; \quad (3.31)$$

де P_{jn} , P_{jgp} – відповідно номінальне і граничне значення i –тої машини по y – тому критерію.

Показник ступеня (+1) буде для критеріїв першого виду, показник (–1) – для критеріїв другого виду.

Для деяких машин значення окремих показників вагомості дорівнюють нулю (в тих випадках, коли для окремої машини значення номінальних і

граничних параметрів співпадають). Цей випадок має свій фізичний сенс. Ми розглядаємо конкретну кількість машин і оцінюємо їх по кінцевому числу параметрів. Нульове значення показника вагомості означає, що по даному критерію дана машина досягла найкращих показників в даній групі машин і подальше її вдосконалення неможливе. Математичне обґрунтування даного методу передбачає, що сума ступенів вагомості як для окремої машини, так і середнє їх значення для всіх машин, повинно дорівнювати одиниці.

При порівнянні однотипних машин (тих, що виконують однаковий технологічний процес) за декількома критеріями виникає потреба визначити узагальнюючий критерій, який би об'єднував всі наявні окремі критерії. Але наявні критерії мають різну фізичну та технічну сутність, мають різну розмірність і для успішного вирішення задачі знаходження узагальнюючого критерія їх спочатку потрібно за окремою методикою перевести в безрозмірний вигляд, а потім на їх основі визначити вже й узагальнюючий критерій.

Для порівняння окремих машин застосовувались узагальнюючі показники оцінки двох видів. Обидва визначались як середнє геометричне від окремих оціночних безрозмірних показників, при визначенні обох враховували ступені вагомості окремих показників.

За першим способом узагальнюючий показник оцінки окремої машини визначався таким чином:

$$D^I = \sqrt[n]{d_1 \cdot d_2 \cdot \dots \cdot d_n}; \quad (3.32)$$

де $d_1 \cdot d_2 \cdot \dots \cdot d_n$ – безрозмірні критерії даної машини за окремими техніко–експлуатаційними показниками машини.

Безрозмірний показник d_i , який знаходиться в інтервалі $d_{\min}=0,2$ та $d_{\max}=0,9$, визначався так:

$$d_i = \exp \left[-e^{-x_i^I - 4} \right]; \quad (3.33)$$

де x_i^I – значення кожного i -того показника по безрозмірній шкалі x_i^I .

Значення номінальних значень показників X_i переноситься на безрозмірну шкалу x^I з урахуванням масштабних лінійних коефіцієнтів:

$$M_x^I = \frac{(x_{i\max} - x_{i\min})}{M_{x^I}}; \quad (3.34)$$

де $x_{i\max}$ і $x_{i\min}$ – максимальне значення окремих номінальних значень показників машин.

Значення безрозмірної шкали x_A^I та x_B^I залежать від ступеня вагомості даного показника і визначалися наступним чином:

$$x_A^I = 4.89 - 1.36a_i; \quad (3.35)$$

$$x_B^I = 4.89 - 1.36a_i; \quad (3.36)$$

де a_i – середнє значення ступеня вагомості даного показника множини машин, які порівнюються.

Число 4,89 – це середнє значення між $x_{B\max}^I = 6,25$ та $x_{A\min}^I = 3,53$, які, в свою чергу можна отримати, якщо двічі логарифмувати формулу (3.29), підставивши замість d_i відповідні значення $d_{\min} = 0,2$ та $d_{\max} = 0,9$.

Кожне номінальне значення показника оцінки машини x_i переводилось в масштабні значення шкали за формулами:

– для показників першого виду (продуктивність):

$$x_i = x_A + \frac{x_{in} - x_{i\min}}{M_{x^I}}; \quad (3.37)$$

– для показників другого виду (витрата палива):

$$x_i = x_B + \frac{x_{in} - x_{i\min}}{M_{x^I}}; \quad (3.38)$$

де x_{in} – номінальне значення i -того показника.

Після цього знаходились всі безрозмірні значення d_i за формулою (3.33), потім узагальнюючий показник за формулою (4.32). Максимальне значення узагальнюючого показника відповідало кращому варіанту машини.

Аналогічно першому випадку при визначенні узагальнюючого показника другого виду, кожний окремий показник перетворюється в безрозмірну величину за такими формулами:

– для показників першого виду:

$$d_i = d_{i\max} + (d_{i\min} - d_{i\max}) \cdot (x_i - x_{i\max}) / (x_{i\min} - x_{i\max}); \quad (3.39)$$

– для показників другого виду:

$$d_i = d_{i\max} + (d_{i\min} - d_{i\max}) \cdot (x_i - x_{i\max}) / (x_{i\min} - x_{i\max}); \quad (3.40)$$

де $x_{i\max}, x_{i\min}$ – граничні значення окремих показників;

$d_{i\min}, d_{i\max}$ – граничні безрозмірні оцінки показника;

x_i – номінальне значення показника.

Для розрахунків, як правило, приймають $d_{i\max} = 5, d_{i\min} = 1$.

Узагальнюючу оцінку визначають як середнє геометричне окремих значень:

$$D^I = d_{i1}^{a1} \cdot d_{i2}^{a2} \cdot \dots \cdot d_{in}^{an}; \quad (3.32)$$

де $i = 1, 2, \dots, n$ – номер машини;

a_1, a_2, \dots, a_n – середні значення ступенів вагомості відповідних показників для даної групи машин.

Таким чином математичну модель вибору найкращого варіанту реалізації технологічної операції можна представити наступним чином:

$$D^I (D^{II}) \rightarrow \max; \quad (3.42)$$

де $D^I (D^{II})$ – відповідно узагальнюючий критерій якості першого і другого виду.

За викладеною методикою були проведені розрахунки для ряду технологічних операцій з варіюванням складу агрегату і способу їх використання. За цими розрахунками вибрані оптимальні склади агрегатів із існуючих машин в фермерських господарствах для виконання технологічних операцій, а рекомендований комплекс машин для тракторів класу 1,4 у фермерських господарствах з площею ріллі від 30 до 50 га.

4. ПОКАЗНИКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНІКИ

4.1. Результати впровадження різних видів міжфермерської кооперації і рекомендації до виробництва

У процесі апробації і впровадження теоретичних посилок, викладених у розділі 2, були створені міжфермерське мале підприємство «Фермер» (з 2016 року – селянське фермерське господарство «Папіж»), міжфермерський пункт прокату асоціації фермерських господарств, а також відпрацьовані питання міжфермерської кооперації в рамках сусідської взаємодопомоги у фермерських господарствах.

Аналіз отриманого практичного матеріалу показує, що ефективно використовувалися (табл. 4.1) машини і механізми цілорічного використання: вантажопідйомні, транспортні, великовантажні автомобілі, паливозаправники і т.п. Характерною рисою цих машин є використання їх не тільки в фермерських господарствах, де вони, хоча і вкрай необхідні, але використовувалися тільки періодично, а перш за все в промислових, будівельних та інших організаціях, Тому в періоди, коли на них не було заявок з боку фермерських господарств, вони здавалися в прокат стороннім організаціям.

Використання комплексу машин в умовах малих підприємств такого типу також є ефективним. Річний наробіток досягав 80% по основних їх видах, а по сівалках піднявся до 93,6%. Важливо відзначити, що спостерігається явно виражена тенденція до збільшення обсягів робіт, виконуваних малим підприємством комплексом машин. Наприклад, за рік він зріс на 18%. Зазначене пояснюється насамперед економічними вигодами від орендного використання техніки, яку все трудніше стає можливим придбати фермерському господарству.

Результати експлуатації сільськогосподарських машин на міжфермерському пункті прокату вказують (табл. 4.2) на ефективне їхнє використання в умовах саме цього виду спільного використання техніки.

Таблиця 4.1

Об'єм робіт і послуг, виконаних ФГ

Показник	Об'єм робіт і послуг за перший рік, годин.	%	Об'єм робіт і послуг за другий рік, годин.	%
Всього	9469	100,0	9862	100,0
в тому числі фермерські господарства	7623	80,5	7808	79,2
кооперативи і товариства	1117	11,8	843	8,5
другі	729	7,7	1211	12,3
у тому числі механізовані роботи	2904	30,7	4803	48,7
Транспортні роботи	4095	43,2	2909	29,5
Вантажопідйомні роботи	1235	13,0	1023	10,4

Таблиця 4.2

Об'єм робіт виконаних на міжфермерському пункті прокату

Найменування комплексу машин	Марка	Кількість, шт.	Об'єм робіт		Об'єм робіт другого року відносно середньо-регіонального
			Перший рік га, год.	Другий рік га, год.	
Комбайн	КЗС-9 Славутич	2	215	228	417
	СКІФ-280	2	180	215	303
	РСК-6	1	48	61	520
Сівалка	СУПН-8А-02	1	48	61	–
	СПЧ-6	1	53	53	890
Культиватор	УСМК-5.4	1	96	122	387
	КРНВ-5.6	1	106	106	417
Бурякозбиральний комбайн	КС-6-10Б	1	48	161	278
Навантажувач	СПС-4.2	1	48	61	–
Кран	КС-3577	1	1104	1065	–
Автозаправник	Урал	1	1217	1025	

Ці машини здобувалися районною асоціацією фермерських господарств за рішенням зборів членів асоціації. При цьому члени асоціації фермерських

господарств делегували своє право органу фермерського самоврядування розпоряджатися частиною кредитних ресурсів, виділених кожному з них. Відповідальність за своєчасне обслуговування і погашення позики лежить на апараті асоціації. Він же з доручення фермерів відповідальний за організацію її використання, щоб у максимальному ступені задовольнити потреби фермерів і виконати фінансові зобов'язання перед банком, не переслідуючи при цьому ніякої фінансової вигоди для асоціації.

Аналіз вищесказаного, на нашу думку, дозволяє стверджувати, що на міжфермерських малих підприємствах, створюваних, як правило, у районних центрах, варто концентрувати машини і механізми цілорічного використання: вантажопідйомні, транспортні, будівельні, землерийні, великовантажні автомобілі, паливозаправники і т.п. При цьому досягається позитивний баланс взаємних інтересів: засновники підприємства (фермери) за порівняно невеликі кошти, витрачені на формування статутного фонду, одержують можливість задовольняти свої потреби по використанню зазначених машин, а наймані робітники малого підприємства одержують можливість, хоча і з обмеженнями (першочерговість задоволення заявок фермерів), але цілком реальну, для ведення виробничої діяльності, використовуючи основні засоби, придбані фермерами–засновниками.

Машини і механізми спеціального призначення, високопродуктивні, які використовуються протягом одного циклу сівозміни і при цьому мають високу ціну, наприклад сівалки для сівби буряка, соняшнику, кукурудзи, відповідні культиватори, комплекси, скажімо, для збирання буряка, машини для внесення добрив і т.п., що вкрай необхідні для освоєння прийнятої технології чи сівозміни, якісного виконання окремих технологічних операцій, повинні здобуватися міжфермерськими пунктами прокату техніки.

Третя група машин – це універсальний комплекс машин: плуги, сівалки, культиватори, борони, ковзанки, зчіпки і т.п., які складають основу парку машин, необхідного практично кожному фермерському господарству щорічно.

Міжфермерська кооперація при використанні цих машин, на нашу думку, повинна розвиватися переважно на рівні сусідської взаємодопомоги.

Міжфермерські кооперативи мають особливі організаційні принципи, яких немає в інших організаційних формах господарювання: голосування здійснюється на демократичній основі за принципом "один член—один голос"; загальний капітал, чи основна його частина, формується за рахунок внесків членів об'єднання; чистий дохід від діяльності міжфермерського підприємства розподіляється не по величині грошового чи матеріального паю, а пропорційно обсягам робіт і послуг, які будуть затребувані кожним членом об'єднання.

Викладені принципи повинні бути закріплені в установчих документах міжфермерського підприємства по використанню техніки. Якщо весь комплекс машин здобувається асоціацією фермерських господарств, то принципи його використання оформляються у виді рішення загальних зборів фермерів, у якому обмовляються організаційні й економічні умови його використання. Результати наших досліджень дозволяють рекомендувати наступне. Весь комплекс машин і механізмів необхідно передавати (закріплювати) за конкретною групою фермерських господарств на весь сільськогосподарський сезон. Останнє дуже важливо з тих позицій, що умови проведення польових механізованих робіт багато в чому визначаються погодними умовами і конкретним станом рослин і ґрунту, тому заздалегідь можна лише прогнозувати черговість їхнього виконання в конкретних господарствах. От чому необхідно, щоб фермери заздалегідь знали, хто з них буде спільно використовувати ту чи іншу машину і, у залежності від умов, що складаються, оперативно коректувати черговість користування нею.

Якщо мова йде про складні машини, наприклад, про зернозбиральний комбайн, то його передають у використання групі фермерських господарств, але закріплюють за конкретним фермером. При цьому бажано передбачити, що по закінченню визначеного терміну, ми рекомендуємо – період, рівний терміну погашення позики, ця машина буде продана йому по залишковій вартості.

Також передбачається, що в зазначений період він бере на себе зобов'язання безкоштовно проводити польові механізовані роботи, зв'язані з використанням цієї машини, усій групі фермерів. Таке персональне закріплення складної техніки, з перспективою володіння нею, пов'язано з високою вартістю складних машин і важкістю визначення схованих відмовлень.

Використання техніки на основі сусідської взаємодопомоги також необхідно оформляти відповідним договором. Ні в якому разі не можна зневажати цим найважливішим документом, тому що взаємини між фермерськими господарствами – це насамперед взаємини між юридичними особами, на які повною мірою поширюються всі законодавчі норми, що регламентують взаємини юридичних осіб. Висновок договору дозволяє фермеру не тільки просити свого партнера про яку-небудь послугу, але і вимагати виконання договірних умов.

4.2. Ефективність сусідської взаємодопомоги у використанні сільськогосподарської техніки

Оцінка економічної ефективності впровадження результатів дослідження у виробництво приведена стосовно до умов сусідської взаємодопомоги фермерських господарств, як найбільш розповсюдженому методу міжфермерської кооперації. Розрахунок виконаний на основі результатів, отриманих нами в процесі дослідження особливостей спільного використання техніки в фермерських господарствах методом прямого включення. Розрахунки проводились для групи фермерів у складі шести фермерських господарств, розташованих в околицях. Структура посівних площ приведена в таблиці 4.3

Між цими фермерськими господарствами був підписаний договір про спільне використання техніки при виконанні робіт на їх ділянках. На момент підписання договору техніка була в наявності тільки у фермерському господарстві «Папіж».

За умовами договору витрати на обслуговування довгострокових кредитів, використаних на придбання техніки, погашення річного обсягу

кредиту й амортизації як уже наявної, так і придбаної для спільного використання цього року, техніки розподілялися пропорційно площі обробки, тобто входили в обсяг потрібних послуг користувачів. Витрати на техніку, що здобувалася для індивідуального користування, ніс кожен фермер персонально і в подальших розрахунках вони не приводились.

Таблиця 4.3

Структура посівних площ фермерських господарств

Найменування господарства	Площа ріллі, га	Культура, га					
		Соняшник	Ярий ячмінь	Горох	Нут	Озима пшениця	Пар
Агат	16	2	2	–	–	10	2
Ретром	16	2	4	–	–	8	2
Мрія	20	4	2	–	2	8	4
Папіж	10	2	2	–	–	6	–
Поліанна	16	–	4	4	–	6	2
Разом	78	10	14	4	2	38	10

Роботи згідно агротехнічного терміну, були виконані на всіх посівних площах. Обсяги отриманої продукції і її реалізація приведені в таблиці 4.4. Виручка від реалізації продукції 5–ти фермерських господарств склала 1978,79 тис. грн. Суми по взаєморозрахунку господарств за використання техніки приведені в таблиці 4.5.

Економічний ефект власника техніки склав у господарстві «Папіж» 2906915 грн.. Економічний ефект користувачів техніки склав від 160050 грн по господарству «Поліанна» до 214720 грн по господарству «Ретром». Крім того кооперація дозволила додатково провести роботи на площі 106 га ще в одинадцяти фермерських господарствах селища Дачне, які також не мали на початок весняних польових робіт власної техніки.

Працюючи в кооперації, фермерське господарство «Ретром» придбало для себе плуг і культиватор на суму 40300 грн. і на слідуєчий рік давало цю техніку іншим користувачам.

Крім цього спільне використання техніки дозволило скоротити:

– питомі витрати на обслуговування, погашення кредитів і амортизаційні відрахування з 310,47...393,33 грн/га до 30,9... 120,5 грн/га, тобто в 4,8...10 разів у залежності від площі наділу і структури посівних площ;

– кількість необхідної техніки у вартісному вираженні в 4,1 рази.

З ростом цін на сільськогосподарську техніку, що значно випереджає ріст цін на сільськогосподарську продукцію, ефект від спільного використання техніки тільки зростає. Спільне використання техніки в зазначеній групі фермерських господарств дозволило виконати всі польові механізовані роботи з питомими затратами на технічне оснащення в розмірі 1189 грн/га, в той час як при індивідуальному використанні техніки в тій же групі фермерських господарств ці витрати склали б 4580 грн/га, тобто в 3,4 рази більше.

У цілому, як показали результати розрахунків, у 100% випадків власник техніки має економічну вигоду від спільного її використання. При цьому її абсолютна величина складає в середньому на один агрегат 8078,2 грн на рік, що в 3,92 рази перевищує величину його амортизаційних відрахувань. Економічна вигода користувача техніки має місце в 87,6% випадків, при цьому в середньому на один агрегат вона складає 3082,4 грн, що в 5,99 рази перевищує величину амортизаційних відрахувань, необхідних у випадку придбання їм власних нових машин.

Послугами селянського фермерського господарства «Папіж» користувалися 16 фермерських господарств. За зазначений період фермерським господарством виконано робіт і послуг замовникам усіх категорій в обсязі 19,33 тис. годин, у тому числі на механізовані роботи приходиться більш 30% обсягу виконаних робіт.

Річний виробіток по основним сільськогосподарським машинам у фермерському господарстві «Папіж» вище, ніж по аналогічній техніці у інших фермерських господарствах, що мають деяку техніку, в 1,5.2 рази.

В результаті практичного впровадження зазначених видів спільного використання техніки встановлено, що організація пункту прокату дозволила з його допомогою відмовитися від послуг сторонніх організацій по доставці фермерам району нафтопродуктів, виконанню вантажно–розвантажувальних робіт. Передача в прокат групі фермерів комплексу машин по вирощуванню і

збиранню соняшнику дозволила їм за два роки вчасно посіяти і зібрати соняшник на площі 184 га. Передача в прокат зернозбиральних комбайнів дозволила збільшити їх річний наробіток у порівнянні з індивідуальним використанням у середньому на 360%.

Таблиця 4.4

Об'єми валової продукції і реалізації її в групі фермерських господарств

Найменування господарства	Культура															Виручка від реалізації, тис.грн
	Соняшник			Ярий ячмінь			Горох			Нут			Озима пшениця			
	Вироблено	Реалізовано	Виручка, тис.грн	Вироблено	Реалізовано	Виручка, тис.грн	Вироблено	Реалізовано	Виручка, тис.грн	Вироблено	Реалізовано	Виручка, тис.грн	Вироблено	Реалізовано	Виручка, тис.грн	
Агат	4,18	3,3	46,2	11,44	8,8	44	-	-	-	-	-	-	71,06	66	330	420,2
Ретром	3,74	3,08	43,12	23,76	20,9	104,5	-	-	-	-	-	-	60,72	56,1	280,5	428,12
Мрія	7,59	6,71	93,94	11,88	10,45	52,25	-	-	-	3,52	3,08	24,64	60,28	55	275	445,83
Поліанна	-	-	-	22,77	19,8	99	8,25	7,7	53,9	-	-	-	44,55	41,8	209	361,9
Папіж	3,96	3,41	47,74	11,66	11	55	-	-	-	-	-	-	45,76	44	220	322,74
Разом	19,47	16,5	231	81,51	70,95	354,75	8,25	7,7	53,9	3,52	3,08	24,64	282,37	262,9	1314,5	1978,79

Таблиця 4.5

Розрахунок фермерських господарств за використану техніку

Найменування господарства	Площа господарств, га	Вартість комплексу машин у 2022р. грн	Амортизація за 2022 р., грн	Затрати на ремонт і ТО, грн.	Обсяг затребуваних послуг, грн	Виручка від реалізації продукції, грн	Взаєморозрахунок за техніку, грн	Ефект від кооперації користувача техніки, грн	Загальний ефект від кооперації, грн
Агат	16	-	-	-	210397	420200	-210397	209803	-
Ретром	16	-	-	-	213400	428120	-213400	214720	-
Мрія	20	-	-	-	251900	459690	-251900	207790	-
Поліанна	16	-	-	-	201850	361900	-201850	160050	-
Папіж	10	3492500	231627	1746250	927300	1688720	877547	-	2906915
Разом	78	3492500	231627	1746250	1804847	3358630	0	792363	2906915

ВИСНОВКИ

1. Аналіз стану використання фермерської техніки, показує, що потреба в техніці за умови оснащення кожного фермерського господарства всім комплексом машин і механізмів, задоволена лише на 33,7%, а оснащеність окремих фермерських господарств основними видами машин перевищує нормативні значення для великих господарств майже у 4 рази. Це вказує на можливість значного скорочення додаткових витрат на технічне оснащення фермерів за допомогою розвитку різних видів спільного використання техніки: міжфермерських малих підприємств, пунктів прокату при районних асоціаціях селянських господарств, сусідської взаємодопомоги.

2. Установлено, що спільне використання техніки дозволяє в 3,5 рази скоротити час виконання підготовчо–заключних робіт в порівнянні з індивідуальним її використанням, при цьому частка часу основної роботи агрегатів збільшується в два рази. Середнє значення сукупного коефіцієнта використання машинно–тракторних агрегатів підвищується в 1,8 рази.

3. Фактична продуктивність машинно–тракторних агрегатів за годину добового часу при різних видах спільного використання техніки збільшується в порівнянні з продуктивністю при індивідуальному її використанні в 1,30 (сівба)...2,35 рази (підбір валків зернових). Розроблені математичні моделі продуктивності агрегатів за добу при різних умовах їх використання підтверджують підвищення ефективності експлуатації фермерської техніки.

4. Доказана можливість використання фермерських транспортно–енергетичних засобів з причіпними сільгоспмашинами на прикочуванні і боронуванні при тяговому зусиллі 5,4...8,2 кН і тиску на ґрунт задніх коліс 107...144 кПа.

5. Для роботи з культиваторами і сівалками з опором 9–13 кН запатентований пристрій, що дозволяє зменшити буксування автомобіля і збільшити тягу на гаку. Розроблена теорія і математична модель робочого процесу кінематичного ланцюга передачі енергії вільному колесу транспортно–енергетичного засобу.

6. Доведено, що спільне використання комплексу машин паралельним методом на польових механізованих роботах значно збільшує наробіток сільськогосподарських машин за агротехнічний термін, наприклад, для посівного агрегату в 1,85 рази.

7. За допомогою узагальнюючих критеріїв і експериментальних даних визначені оптимальний комплекс машин на семи основних технологічних операціях та оптимальна енергозабезпеченість фермерських формувань від 1,1 (0,8) до 3,1 (2,2) к.с. (кВт) на кожний гектар ріллі в залежності від загальної земельної площі фермерського господарства з конкретними марками вітчизняних тракторів.

8. Для півдня України, де більше 60% фермерських господарств мають земельну площу від 30 до 50 га, визначено раціональний рівень концентрації фермерських господарств (до 16) при спільному використанні техніки на умовах сусідської взаємодопомоги в залежності від виду технологічної операції та відстані між наділами фермерських формувань.

9. В результаті апробації і впровадження запропонованих видів спільного використання комплексу машин фермерського господарства «Папіж» в 16 сусідніх фермерських формуваннях встановлено, що в умовах міжфермерських малих підприємств сезонне завантаження техніки зростає в 1,5...2,0 рази, на пунктах прокату в 2,8...3,6 рази. При сусідській взаємодопомозі в 100% випадків власник техніки має економічну вигоду від спільного використання комплексу машин, що складає в середньому на один агрегат 8078,2 грн. на рік. Економічна вигода користувача техніки має місце в 87,6% випадків і складає в середньому на один агрегат 3082,4 грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Комплексна механізація виробництва зерна: Навчальний посібник / В.Д.Гречкосій, М.Я.Дмитришак, Р.В.Шатров та ін.. За ред. В.Д.Гречкосія, М.Я.Дмитришака. – Київ: ТОВ «Нілан–ЛТД», 2012. – 288 с.
2. Гречкосій В.Д. Техніка для ґрунтозахисного землеробства та ефективність її використання // «Економіка АПК», №6, 2008.
3. Гречкосій В.Д., Волошин І.С. Сучасна вітчизняна посівна техніка // Сучасні аграрні технології, №2, лютий 2013. – С. 56-59.
4. Гуков Я.С. Обробіток ґрунту. Технологія і техніка. Механіко – технологічне обґрунтування енергозберігаючих засобів для механізації обробітку ґрунту в умовах України. – Видання друге. Доповнене. – К.: ДІА, 2007. – 276с.
5. Іванишин В.В. Організаційно-економічні засади відтворення ефективного використання технічного потенціалу аграрного виробництва: монографія / Іванишин В.В. – К.: ННЦ ІАЕ, 2011. – 350с.
6. Булгаков В.М., Калетнік Г.М., Гриник І.В., Усенко М.В., Кравченко І.Є. Малогабаритні сільськогосподарські машини для роботи на схилах. Монографія. – Київ, 2011. – 236 с.
7. Танчик С.П., Дмитришак М.Я., Мокрієнко В.А. Технології виробництва продукції рослинництва. Підручник. – К.: Видавничий дім «Слово», 2012. – 735 с.
8. Білоусько Я.К., Бурилко А.В., Галушко В.О. та ін. Проблеми реалізації технічної політики в агропромисловому комплексі / За ред. Я.К.Білоуська. – К.: ННЦ ІАЕ, 2007. – 216с.
9. Економічні аспекти державної технічної політики в агропромисловому комплексі / Я.К.Білоусько, М.Я.Дем'яненко, В.О.Пітулько, В.Л.Товстопят – К.: ННЦ ІАЕ, 2005. – 134с.
10. Зубець М.В., Гуков Я.С., Грицишин М.І. Актуальні проблеми технічної політики в аграрному секторі України. – К.: ДІА, 2007. – 80с.

11. Лихочвор В.В., Петриненко В.Ф., Іващук П.В. Зерновиробництво. – Львів: НВФ «Українські технології», 2008. – 624с.
12. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. – Львів: НВФ «Українські технології», 2006 – 730 с.
13. Anders G. J. Innovations in power systems reliability. Springer. 2011. 361 p.
14. Delphi Diesel Systems, Publication №: DDNX125(EN) Delphi Diesel Aftermarket Operations UK, 2012. 76 p.
15. Endrenyi J. Comparison of two methods for evaluating the effects of maintenance on component and system reliability. IEEE International Conference Probabilistic Methods Applied to Power Systems. 2014. P. 307–312.
16. Endrenyi J. The Present Status of Maintenance Strategies and the Impact of Maintenance on Reliability. A Report of the Probability Application Subcommittee. IEEE Transactions on Power Systems. 2011. Vol. 16. № 4. P. 638–646.
17. Ge H. Maintenance optimization for substations with aging equipment: a dissertation for the degree of Phd. Lincoln, Nebraska. 2010. 212 p.
18. Hampel R., Kurr D., Scbefenadcer H. Elektronisches Messsystem zur digitalen Erfassung und Auswertung von Indikatordiagrammen. 2015. № 2. P. 33–38.
19. Гарькавий А.Д. До обґрунтування режимів роботи машинно-тракторних агрегатів та витрати паливно-мастильних матеріалів в дослідних господарствах / А.Д. Гарькавий // Вісник аграрної науки Причорномор'я. Сучасні проблеми землеробної механіки. - Миколаїв, 2002.- Т. 2. - С.288-294.
20. Гарькавий А.Д. Обґрунтування рішень при модернізації технологій і оновленні парку машин / А.Д. Гарькавий, Л.Н. Серєда, А.В.Спирін, МІ.
21. Вільховий // Вибрації в техніці і технологіях. - 2000.- №3.- С. 10-14.
22. Сидорчук О.В. Концепція поповнення та ефективного використання парку зернозбиральних комбайнів сільського господарства України на найближчу перспективу / О.В. Сидорчук, С.Р.Сенчук.- Львів: ЛДАУ, 2005. - 23с.

23. Шевченка І.А. Розробка та вдосконалення технологій та технічних засобів для обробітку ґрунтів в аспекті їх агротехнічних показників: rozprawa habilitacyjna: 05.20.01. / IMBER. - Warszawa, 2008 - 125s.

24. Сидорчук О.В. Системотехніка аграрного виробництва та інженерні аспекти його розвитку / О.В. Сидорчук // Вісн. ЛДАУ: Агроінженерні дослідження. - Львів, 2004. - №4.- С. 5-12.

25. Погорілий Л. Концепція прискороного розв'язання проблеми забезпечення сільськогосподарського виробництва України зернозбиральною технікою / Л. Погорілий, С. Коваль // Техніка АПК. - 2002. - № 7-9. - С. 6-5.

26. Мінінзон В І. Визначення оптимального складу машинно-тракторного парку залежно від погодних умов/В.І. Мінінзон // Трактори та сільгоспмашини. - 1986. - №3. - С. 7-9.

27. Anatolliy Yakovenko. Оптимизация режимов работы машинно-тракторных агрегатов / Anatolliy Yakovenko, Leonid Doroshenko, Krzysztof Plizga // Motoryzacja energetyka rolnictwa. - Lublinie, 2004. - Том 6. - С. 269-273.

28. Гайдуцький ПІ. Відродження МТС. Організація МТС в ринкових умовах / П.І. Гайдуцький, М.Г. Лобос. - К.: НВАТ «Агроінком», 2003. - 508 с.

29. Краснощоків Н.В. Машинно-технологічні станції: відродження сільськогосподарського виробництва/Н.В. Краснощоків// Аграрна наука. - 2006. - №2. - С. 4-6.

30. Кузьмін В.М. Машинно-технологічні станції/В.М. Кузьмін. - К: Інформагротех, 2003. - 59 с.

31. Милосердів Ст. Машинно-технологічні станції в АПК: проблеми та рішення/В. Милосердів, Л. Кормаков//Міжнар. с.-г. журнал. - 1998. - №2. - С. 10-19.

32. Черноіванов В.В. Пропозиції щодо створення машинно-технологічних станцій району (краю, області) / В.В. Черноіванів, В.М. Лосєв // МТС. - 1997. - №3. - С. 26 - 29.

33. Дорошенко Л.В. Підвищення ефективності використання сільськогосподарської техніки приватних формувань через машинно-

технологічні станції / Л.В. Дорошенко // Зб. наук. праць Вінницького державного аграрного університету - Вінниця, 2002. - №12. - С. 187-190.

34. Яковенко О.М., Дорошенко Л.В. Організація машинно-технологічних станцій у умовах України / А.М.Яковенко, Л.В. Дорошенка // Zuczazi stiintifice. Pzent si viibop in domeninl mecanizazii si elecfticazii adzicultuzii. - Chisinau, 2000. - С. 148-150.

35. Яковенко А.М. Основні принципи формування складу структури сучасних машинно-технологічних станцій / А.М. Яковенко, Г.Є. Топілін, Л.В. Дорошенко, Є.І. Сокур // Аграрний вісник: 36. наук, праць. - Одеса, 2001. - №4 (15). - С. 5-14.

36. Яковенко О.М. Підвищення ефективності використання колісних тракторів Т-150К на оранці / А.М. Яковенко, Г.Є. Топілін, Л.В. Дорошенка // Motoryzacja energetyka rolnictwa. - Lublinie, 2001. - Том 4. - С. 127-133.

37. Гуков Я.С. Механіко-технологічне обґрунтування енергозберігаючих засобів для механізації обробітку ґрунту в умовах України: автореф. дис. на здобуття наук ступеня докт. техн. Наук : 05.20.01/ Я.С. Гуков. - Глеваха, 1998. - 33 с.

38. Дубровін В.О. Основи диференціації засобів механізації оранки / В.О. Дубровін. - Чернівці, 1996. - 64 с.

39. Погорілий Л.В. Інженерні методи досліджень сільськогосподарських машин/ Л.В. Погорілий. - К.: Техніка, 1991. - 157 с.

40. Сидорчук О. Науково-методичні підстави синтезу комбінованих ґрунтообробних машин / О. Сидорчук, В. Залужний // Вісн. ЛДАУ: Агроінженерні дослідження. - Львів, 2004. - №8. - С.224-230.

41. Нормативи часу на розробку нормативних матеріалів з праці. - К.: 1998. - 38 с.

42. Бобчук М. Технічне переоснащення сільського господарства України / М. Бобчук, С. Коваль, В. Погорілий // Техніка АПК. - 2004. - №9. - С. 14-16.

43. Погорілий Л.В. Напрямки розвитку технології збирання врожаю зернових і переоснащення сільського господарства новою зернозбиральною

технікою / Л.В. Погорілий, С.М. Коваль, М.І. Грицишин // Зб. наук. пр. НАУ «Механізація сільськогосподарського виробництва». - К., 2000. - Т. 5. - С. 5-9

44. Сидорчук О.В. Наукові основи інженерного менеджменту технічного сервісу рільництва: Монографія / О.В. Сидорчук, С.Р. Сенчук, О.В. Кухарук. - Львів: ЛДАУ, 2001, - 172 с.

45. Головчук А.Ф. Агроінженерне забезпечення реформованого села / А.Ф. Головчук // Вища аграрна освіта України: інформаційний вісник. - 2000. - №7. - вересень. - С.3 - 4.

46. Гуков Я.С. Стан механізації сільськогосподарського виробництва України / Я.С. Гуков, М.І. Грицишин // «Механізація і енергетика с.г.», Матеріали IV Міжнародної конференції MOTROL 2003. - Люблін - Київ, Видавничий центр НАУ. - 2003. - Том 6. - С. 64-70.

47. Яковенко В.П. Розвиток матеріально-технічної бази АПК / В.П. Яковенко // Вісн. аграр. науки. - 2004. - №4. - С. 45-49.

48. Головчук А.Ф. Стан та перспективи матеріально-технічного забезпечення сільськогосподарських товаровиробників / А.Ф. Головчук, В.О. Льошенко,

49. С.В. Тимчук // збірник наук. Пр. Уманського держ. Аграрного у-ту. - Умань, 2005. - Вип..59. - С. 305-314.

50. Ігнатов В.Д. Фермерство півдня України: стан, проблеми, перспективи / В.Д. Ігнатов. - Одеса.: Чорномор'я, 1997. - 214 с.

51. Яковенко О.М. Поточно-цикловий метод організації використання техніки та праці механізаторів у багатогалузевих господарствах Одеської області: Навчальний посібник / О.М. Яковенко. - Одеса: ОСГИ, 1989. - 72 с.

52. Баутін В.М. Як використовують техніку фермери Західної Європи/В.М Баутін, З.Л. Аронов// Інформаційний комерційний вісник. - 1992. - №1. - С. 4-19.

53. Шевчук О.О. Розвиток та діяльність селянських (фермерських) господарств України / О.О. Шевчук // Економіка АПК. - 2001. - №3. - С. 24-27.

54. Саблук П.Т. Рекомендації по організації селянських (фермерських) господарств в Україні / П.Т. Саблук. - К., 2005. - Ч.1-2. - 356 с.
55. Зіновчук В.В. Кооперативна ідея в сільському господарстві України і США / В.В. Зіновчук. - К. : Логос, 1996. - 189 с.
56. Ігнатов В.Д. Технічне та технологічне обслуговування фермерських господарств / В.Д. Ігнатов, Ю.С. Голодніков, П.М. Чернишів. - Одеса : Чорномор'я, 1995. - 38 с.
57. Масло І. Напрямки розвитку механізації сільськогосподарського виробництва в умовах ринку / І. Масло // Техніка АПК. - 1995 - №1. - С.1-3.
58. Машинні товариства фермерів у Великій Британії : Аналітичне інформаційне повідомлення: Інформагротех.- № 5-3. - (2. 1. 1)/01. - 7 с.
59. Основні тенденції розвитку фермерських господарств США: Аналітичне інформаційне повідомлення: Інформагротех.- № 3-1. - (2. 1. 4)/ 95. - 5 с.
60. Об'єднання кооперативів користувачів сільськогосподарської техніки «СУМА» (Франція) // РЖ К.: Трактори та сільськогосподарські машини та знаряддя. - 1992. - № 11-12. - С. 51-57.
61. Широких О.П. Інженерне забезпечення селянських (фермерських) господарств Німеччини/О.П. Широких // Технічний сервіс в АПК. – 1992. – № 5. – С. 7-8.
62. UMV - Formen in Hessen // Landtechnik. - 2004. - № 11. - S. 613-615.
63. Aleksandr Nitsevch Efficiency of operation of transportation enterprises at different ownership / Aleksandr Nitsevch, Zbigniew Burski // Motoryzacja i energetyka rolnictwa. - Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Lublinie, 2004. - Т.6. - S.182-186.
64. Ніцевич О.Д. Підвищення ефективності керування автотранспортними підприємствами, що обслуговують агропромисловий комплекс / О.Д. Ніцевич // Аграрний вісник Причорномор'я: Зб. наук. праць. - Одеса, 2002. - № 19. - С. 61-64.

ДОДАТОК