



# Механізація, електрифікація

УДК 631.3.004

© 2024

## ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ПАЛЬНОГО МАШИННО-ТРАКТОРНИМИ АГРЕГАТАМИ

В.Г. Мироненко<sup>1</sup>, О.С. Жовтий<sup>2</sup>

<sup>1</sup>доктор технічних наук

Інститут механіки та автоматичної агропромислового виробництва

Національної академії аграрних наук України

вул. Вокзальна, 11/1, смт Глеваха Фастівського р-ну Київської обл., 08631, Україна

e-mail: <sup>1</sup>mirotenko1952@ukr.net, <sup>2</sup>oleksandr.zhovtyi@icloud.com

ORCID: <sup>1</sup>0000-0002-1227-2471, <sup>2</sup>0009-0007-0877-1271

Надійшла 27.05.2024

**Мета.** Зменшити енергоємність технологічних операцій у рослинництві завдяки застосуванню оперативного контролю витрат пального та спеціальних засобів керування режимами роботи машинно-тракторного агрегату (МТА). **Методи.** Можливість зменшення витрат пального визначали з використанням принципів системного аналізу. Для розроблення загальної структури системи інформаційного забезпечення про витрати пального, а також алгоритмів встановлення та обліку непродуктивних його витрат застосовували метод синтезу. **Результати.** Запропоновано структуру комплексної системи контролю та управління роботою сільськогосподарського агрегату. Подано алгоритми визначення та обліку непродуктивних витрат пального. Для їх зменшення пропонується запроваджувати певні технічні засоби (зокрема, з елементами технічного інтелекту) та формувати рекомендації оператору щодо зміни режимів роботи МТА. **Висновки.** Витрати пального на одиницю виробленої продукції у сільському господарстві України потребують суттєвого скорочення. Непродуктивні його витрати в загальному випадку відбуваються з організаційних, кваліфікаційних або технічних причин. Оперативний контроль та аналіз витрат пального під час рядової експлуатації МТА за умови використання комплексу автоматизованих засобів керування може забезпечити їх зменшення майже на 51%.

**Ключові слова:** машинно-тракторний агрегат, пальне, непродуктивні витрати, оперативний контроль, структура, алгоритми.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202407-08>

Потреба у виробництві сільськогосподарської продукції невіддільно зростає. За минуле століття урожайність основних культур зросла майже втричі за зменшення вмісту гумусу на 25%, а енергетичні затрати збільшилися на порядок. Нині витрати пального на одиницю виробленої продукції рослинництва в Україні набагато вищі, ніж у розвинутих країнах Європи. Непродуктивні витрати пального пов'язані насамперед із недостатньо ефективною організацією роботи машинно-тракторних агрегатів (МТА), проте вони можуть бути зменшені за рахунок оперативного контролю за допомогою відповідних технічних засобів під час роботи таких агрегатів [1].

**Мета досліджень** — запропонувати можливі методи зменшення енергоємності технологічних операцій у рослинництві завдяки оперативному контролю витрат пального та ефективному керуванню режимами роботи машинно-тракторного агрегату.

**Матеріали і методи досліджень.** На сучасних тракторах все частіше використовують системи дистанційного контролю витрат пального з датчиком його рівня (рис. 1) та датчиком поточної витрати — шляхом контролю проходження пального через помпу, фільтр тонкої очистки (ФТО), паливний насос високого тиску (ПНВТ), зворотний паливопровід (рис. 2), а також їх поєднання, що дає змогу визначати як витрати пального під час роботи, так і його зливання з паливної мережі трактора [2, 3].

Щоправда, в цих системах не передбачена можливість аналізувати ефективність використання пального у процесі виконання належних технологічних процесів, що призводить до його непродуктивних витрат з цілої низки причин.

**Результати досліджень.** Аналіз можливих непродуктивних витрат пального (НВП) [4, 5] дав змогу класифікувати їх за організаційними, кваліфікаційними та технічними причинами (таблиця).

Зменшити непродуктивні витрати пального в сільськогосподарському виробництві можна завдяки розробленню та

впровадженню певних технічних засобів, а також формуванню рекомендацій оператору щодо зміни режимів роботи МТА. Тобто професійний інтелект людини-фахівця потрібно доповнювати елементами технічного інтелекту, що сприятиме обробці значних обсягів різнопланової інформації та формуванню раціональних пропозицій щодо управління технологічними процесами.

Прикладами реалізації додаткового технічного інтелекту до професійного інтелекту механізатора можуть слугувати деякі розробки «Інституту механіки та автоматики агропромислового виробництва» НААН.

Система автоматичного визначення глибини залегання ущільненого шару ґрунту при роботі ґрунторозпушуючого машинно-тракторного агрегату [6, 7], що містить блок індикації та рекомендацій у вигляді зображень, відповідно до яких тракторист збільшує або зменшує глибину ходу ґрунторозпушувача. Завдяки цьому забезпечується якісний обробіток ґрунту та зменшуються витрати пального (за даними виробничих випробувань на 19,1%).

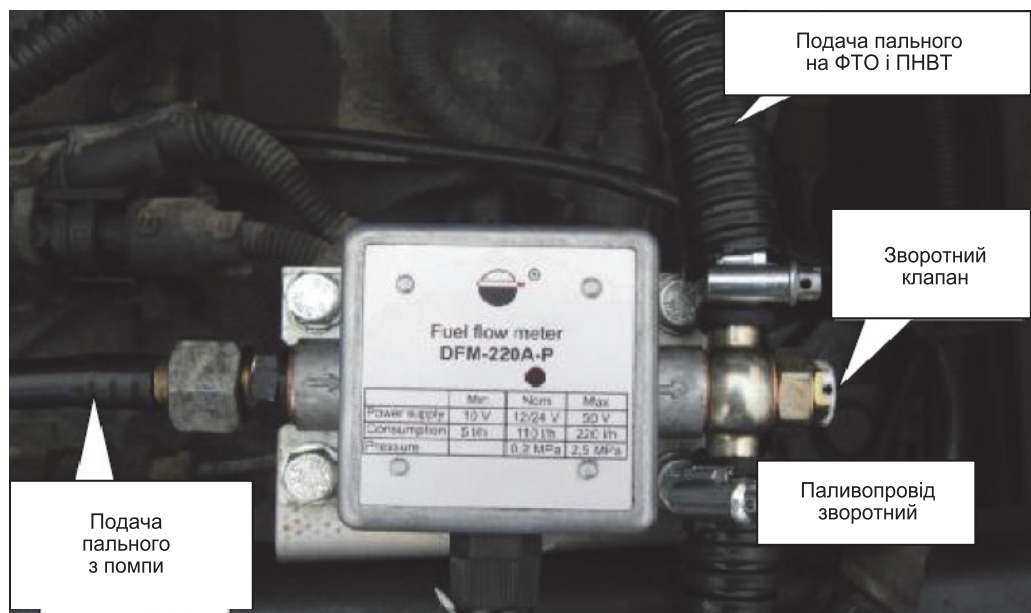
Інформаційна система прогнозування раціональної дати початку жнив у господарстві [8], яка визначає початок жнив на основі розрахунку динаміки зміни вологості зерна в колосі. Отримавши цю дату, можна внести необхідні корективи в план підготовки техніки та розробити логістику її використання у процесі жнив.

Система визначення непродуктивних витрат пального під час роботи двигуна внутрішнього згорання в режимі холостого ходу [9]. Якщо двигун трактора працює за умови, що швидкість трактора і частота обертання вала відбору потужності двигуна дорівнюють нулю, то через заданий проміжок часу починається відлік витрати пального як непродуктивної та лунає сигнал про доцільність зупинки двигуна.

Непродуктивні витрати пального з причини нераціональних режимів роботи двигуна під час виконання певної технологічної



**Рис. 1.** Комплект GPS моніторингу: трекер B1 820 TREK (а), датчик пального Ігла-III 1000+ПЗ (б)



Подача пального на ФТО і ПНВТ

Зворотний клапан

Подача пального з помпи

Паливопровід зворотний

**Рис. 2.** Схема встановлення датчика витрат пального в паливну систему трактора

операції можна визначати простим порівнянням нормованих питомих витрат пального для визначеного МТА з його реальними питомими витратами. Для цього має бути сформована база даних нормованих значень витрат пального для конкретних МТА з можливістю вибору необхідної технологічної операції та відповідних параметрів.

За результатами досліджень установлено [10], що найекономічнішою з огляду

на питомі витрати пального є робота двигуна за часткового швидкісного режиму 0,73–0,84 (середнє для умовного двигуна — 0,77) від номінальних обертів ( $n_n$ ) і завантаження 0,88–0,94 (середнє для умовного двигуна — 0,91) від номінального крутного моменту ( $M_n$ ).

В реальних умовах роботи МТА в полі з перемінними мікро- і макрорельєфом, на різних ґрунтах, з перемінним наван-

**Можливі непродуктивні витрати пального МТА**

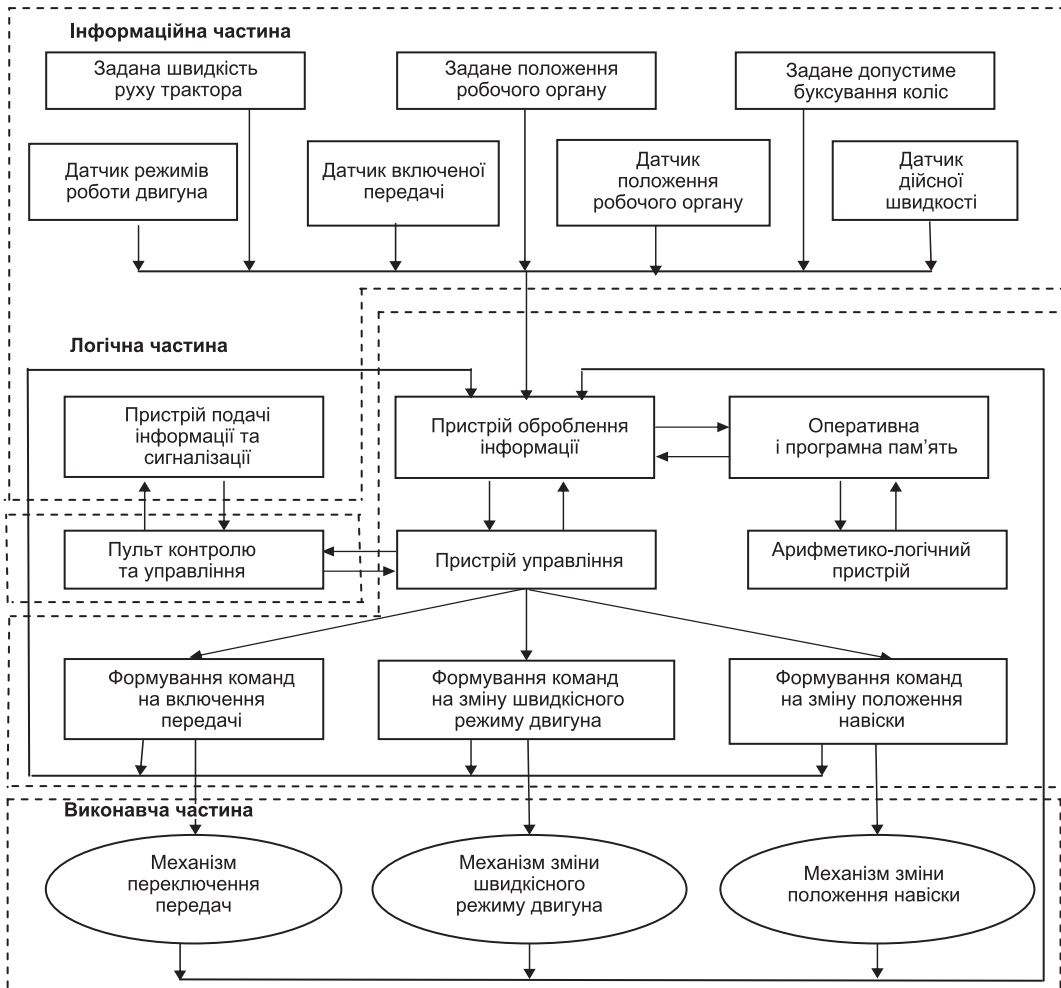
Види НВП	Величина НВП	Основні причини НВП	Інформація, необхідна для визначення НВП
Організаційні	До 10%	Простоювання мобільного агрегату з працюючим двигуном Холості переїзди і розвороти	Швидкість руху агрегату Частота обертання вала двигуна
	До 40%	Робота за неповного навантаження Виконання операцій, не пов'язаних із технологічним процесом, для виконання якого задіяно агрегат	Положення навіски Поточна витрата пального Види робіт (основні польові, роботи з навісним пристроєм; транспорт; робота, що не належить до заданого технологічного процесу) Поточний час
Кваліфікаційні	До 6%	Нераціональні режими роботи двигуна	Швидкість руху агрегату Частота обертання вала двигуна
	До 12%	Порушення теплового режиму двигуна	Поточна витрата пального
	15–40%	Робота на понижених передачах	Поточний час Температура двигуна Включена передача
Технічні	До 15%	Зношення вузлів і деталей паливної системи та двигуна Незадовільний технічний стан паливної апаратури	Частота обертання вала двигуна Поточна витрата пального Робота під навантаженням Поточний час

таженням робочих органів і зі змінною швидкістю на двигун діє змінне навантаження. За нормальних умов експлуатації (вологість ґрунту — 14...18%, щільність — 10...20 кг/см<sup>2</sup>, рельєф — рівний) коефіцієнт варіації крутного моменту двигуна змінюється в межах 12–18%, а за екстремальних умов експлуатації коефіцієнт варіації збільшується до 25–35%. Зміна навантаження безпосередньо впливає на витрату пального.

Загалом мінімізація витрати пального в процесі роботи сільськогосподарського агрегату досягається вибором раціональних режимів роботи трактора, оперативною зміною положення робочих органів машини, обмеженням буксування ведучих коліс трактора і т.п. Інформація щодо того, як можна зменшити непродуктивні витрати пального для виконання певних операцій трактором, виводиться на інформаційне табло трактора.

Необхідна інформація може передаватися за допомогою глобальної системи позиціонування (GPS-каналу) в центр контролю за роботою МТА. Як наслідок, розраховується повна витрата пального під час виконання основних польових робіт, робіт із навісними пристроями (завантаження становить до 80%), транспортних робіт (завантаження становить до 60%), на стоянках, холостих переїздах, роботи за підвищеного буксування коліс (визначається на підставі даних датчиків дійсної та теоретичної швидкості трактора), а також під час виконання робіт, що не пов'язані із виконанням заданої технологічної операції.

В перспективі всі технічні засоби зі збору, оброблення та ефективного використання інформації щодо непродуктивного використання пального мають бути об'єднані в комплексну систему контролю та управління роботою автоматизованого сільськогосподарського агрегату (рис. 3),



**Рис. 3. Структура комплексної системи контролю та управління роботою сільськогосподарського агрегату**

яка складається з інформаційної, логічної та виконавчої частин.

Загальне зменшення витрат пального

у разі використання комплексу автоматизованих засобів оперативного керування МТА може сягати 51%.

### **Висновки**

Непродуктивні витрати пального у загальному випадку відбуваються з певних організаційних, кваліфікаційних або технічних причин. Щоб мінімізувати такі витрати, потрібно розуміти, якими саме можуть бути ці причини, і з огляду на це вибирати раціональні режими роботи МТА, що передбачають оперативну

зміну положення робочих органів машини, обмеження буксування ведучих коліс, визначення раціонального маршруту руху та координат місця заправки агрегату, а також впроваджувати нові технічні засоби, доповнені елементами технічного інтелекту. За умови використання комплексу автоматизованих

засобів керування МТА оперативний контроль та аналіз витрати пального

під час рядової експлуатації може забезпечити його зменшення майже на 51%.

Myronenko V.<sup>1</sup>, Zhovtyi O.<sup>2</sup>

*Institute of Mechanics and Automation of Agro-Industrial Production of NAAS, 11 Vokzalna Str., vil. Hlevakha, Fastiv district, Kyiv oblast, Ukraine, 08631; e-mail: <sup>1</sup>myronenko1952@ukr.net, <sup>2</sup>oleksandr.zhovtyi@icloud.com; ORCID: <sup>1</sup>0000-0002-1227-2471, <sup>2</sup>0009-0007-0877-1271*

### **Organizational and technological prerequisites for the rational use of fuel by machine-tractor units**

**Goal.** To reduce the power consumption of technological operations in crop production by the application of operational control of fuel consumption and special means of controlling the operating modes of the machine-tractor unit (MTU).

**Methods.** The possibility of reducing fuel consumption was determined using the principles of system analysis. The synthesis method was used to develop the general structure of the information support system on fuel costs, as well as algorithms for establishing and accounting for non-productive

fuel costs. **Results.** The structure of the complex system of control and management of the operation of the agricultural unit is proposed. Algorithms for determining and accounting for unproductive fuel consumption are provided. To reduce them, it is proposed to introduce certain technical means (in particular, with elements of technical intelligence), and to form recommendations to the operator on changing the modes of operation of MTU.

**Conclusions.** Fuel costs per unit of production in Ukrainian agriculture need a significant reduction. Its unproductive costs are generally caused by organizational, qualification, or technical reasons. Operational control and analysis of fuel consumption during ordinary operation of the MTU, if a complex of automated control tools is used, can ensure their reduction by almost 51%.

**Key words:** machine-tractor unit, fuel, unproductive costs, operational control, structure, algorithms.

**DOI:** <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202407-08>

## Бібліографія

1. Антощенко Р.В., Антощенко В.М. Дослідження енергетичних параметрів функціонування багатоеlementних машинно-тракторних агрегатів. *Інженерія природокористування*. 2016. № 2. С. 105–112.

2. Бондар А.М., Журавель Д.П. Обґрунтування показників експлуатаційної надійності енергетичних засобів. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі*. Матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. (02–27 листопада 2020 р.). 2020. С. 467–473.

3. Мироненко В.Г., Глінчевський М.О. Формалізація завдання зменшення непродуктивних витрат пального мобільними агрегатами. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. 2018. Вип. 8 (107). С. 12–17.

4. Топілін Г.Є., Уминський С.М., Чучуй В.П. Експлуатаційна технологічність тракторів: навч. посіб. Одеса: ОДАУ, 2014. 496 с.

5. Гольверк А.А. Методические рекомендации по определению эффективности и топливной экономичности тракторных двигателей при нормальных и экстремальных условиях эксплуатации. Киев: УНИИМЭСХ, 1987. 69 с.

6. Бендера І.М., Грубий В.П., Роздорожнюк П.І. Експлуатація машин і обладнання: навчально-методичний комплекс. Кам'янець-

Подільський: ФОП Сисин Я.І., 2013. 567 с

7. Антилчук Б.О. Ультразвуковий експериментальний пристрій — основний елемент автоматизованої системи керування положенням ґрунторозпушувача. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб.* Кропивницький: ЦНТУ, 2017. Вип. 47. Ч. 1. С. 47–51.

8. Антилчук Б.О. Залежність точності виміру глибини залягання плужної підшви від висоти встановлення ультразвукового датчика-перетворювача над поверхнею ґрунту: тези. *International Multidisciplinary Conference «Science and technology of the present time: priority development directions of Ukraine and Poland» (19–20 October 2018)*. Wolomin: Baltija Publishing, 2018. V. 1. P. 86–89.

9. Мироненко В.Г., Жук Т.С. Цільове використання засобів дистанційного зондування в агропромисловому виробництві: рекомендації. Київ: ННЦ «ІАЕ», 2023, 20 с.

10. Пат. № 126289 Україна, МПК (2022.01) G01F 9/00. Система контролю витрати палива тракторним двигуном. В.Г. Мироненко, М.О. Глінчевський; заявник і патентовласник Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН. № а 201910774; заявл. 31.10.19; опубл. 14.09.2022. 7 с.