

УДК 631.171.653

СТАН І ЗАДАЧІ АВТОМАТИЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИМИ РЕЖИМАМИ РОБОТИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТРАКТОРІВ УКРАЇНИ

Л.Г.Гром-Мазнічевський, докт. техн. наук, проф.,
чл.-кор. НААН і РАСГН
ННЦ «ІМЕСГ»

Розглянуто визначні закордонні успіхи, наші досягнення часів СРСР і наш сучасний занепад досліджень і розробок в напрямку автоматизації управління енергетичними режимами роботи сільськогосподарських тракторів України. Викладені пропозиції щодо відродження цього напрямку тракторобудування.

Ключові слова: сільськогосподарський трактор, автоматизація, режими роботи, мінімальна витрата пального, пропозиції.

Проблема. Всі функції тракториста можуть бути зведені до двох комплексних задач – водіння машинно-тракторного агрегату (МТА) та контроль і управління його режимами роботи. Серед режимів роботи МТА першочергово повинно бути автоматизоване управління енергетичними режимами роботи трактора (комплексом у складі двигуна, трансмісії і гідрофікованих начіпних систем) - основи для подальшого нарощування ступеня автоматизації МТА. Ця задача в сучасних зарубіжних тракторах вже вирішена. Для тракторів України теж необхідно створити таку сучасну за конструкцією систему автоматизації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Бортовий обчислювальний комплекс сучасних закордонних тракторів постійно збирає і аналізує за спеціальним алгоритмом положення важільних і кнопкових органів управління та поточну інформацію автономно працюючих датчиків. У результаті формуються команди до спеціальних виконавчих механізмів для автоматичного встановлення оптимальних енергетичних режимів роботи трактора при стабілізації заданої швидкості руху незалежно від змін навантаження МТА. Необхідні при цьому зміни передаточного числа в трансмісії трактора автоматично компенсуються відповідними змінами швидкісного режиму роботи двигу-

на. Застосування таких систем автоматичного управління режимами роботи (САУР) трактора забезпечує наступне: якісне виконання технологічних процесів; мінімальну витрату пального або максимальну продуктивність МТА, а також усунення надмірного буксування рушіїв трактора при виконанні енергоємних операцій. На базі САУР здійснена автоматизація діагностування технічного стану двигуна і трансмісії трактора та організовано облік виконаних робіт і витрати пального. САУР в поєднанні з системою космічної навігації звільняє тракториста від необхідності торкатись органів управління трактором як на гонах, так і при розворотах МТА. Все це наближає можливість роботи комплексно автоматизованих МТА без трактористів і їх дорогих кабін.

Реальна можливість автоматично встановлювати і підтримувати оптимальні енергетичні режими роботи сільськогосподарських тракторів у будь-яких умовах їх руху і технічного стану виникла в 1974 році. Тоді фірма Intel (США), а в НВО «Кристал» (м. Київ) у 1977 році, почали виробництво мікропроцесорних засобів лічильної техніки, за допомогою яких стало можливим порівняно дешево, компактно і надійно вирішувати будь-які логічні і обчислювальні задачі автоматичного управління мобільними об'єктами.

Проте на світовому ринку перші сільськогосподарські трактори, оснащені САУР, з'явились лише на рубежі XX і XXI століть. Четверть століття і багатомільйонні інвестиції були потрібні для здійснення десятків ітерацій пошуку необхідних принципів рішень і конструктивних вдосконалень двигунів і трансмісії тракторів, а також для визначення оптимальних алгоритмів функціонування, датчиків, мікропроцесорних засобів, виконавчих механізмів, задатчиків умов функціонування і засобів настроювання та самонастроювання систем автоматичного управління режимами роботи різних тракторів.

Особливість виконання цієї розробки полягала в тому, що специфіка конструкцій тракторів різних фірм і патентні обмеження змушували кожну фірму індивідуально шукати і розробляти свої оптимальні рішення модернізації тракторів і створення САУР.

Тільки після вказаних тривалих пошуків, а також після багатократного зниження вартості мікропроцесорних засобів і розроблення та відладки їх спеціального програмного забезпечення, було задоволено п'ять обов'язкових умов комерційного успіху систем автоматизації сільськогосподарських тракторів. Це - стабільна ефективність, висока надійність, простота використання, мінімальне обслуговування і помірна ціна, що гарантує селянину прибуток.

В результаті перше десятиліття ХХІ століття ознаменувалося тим, що після інкубаційного періоду в два десятки років практично всі провідні тракторобудівні фірми світу стали випускати трактори, оснащені САУР з додатковими корисними функціями засобів автоматизації.

В Україні (УНДІМЕСГ, м. Київ, нині ННЦ «ІМЕСГ») розроблення теоретичних передумов і перші успішні експериментальні дослідження САУР з використанням гідропривода були виконані у 1957-1963 роках [1] і продовжувались до 1990 року. Зокрема, у 1977-1983 роках в напрямку автоматизації мобільної сільськогосподарської техніки і створення САУР працювали близько 30 співробітників відділу автоматизації УНДІМЕСГ та ще 60-100 фахівців тракторних заводів і спеціалізованих НДІ з автоматики, електронної та мікропроцесорної техніки, тракторобудування, випробувань і експлуатації МТА. Всі вони були зведені в єдиний творчий колектив під головуванням УНДІМЕСГ згідно трьох постанов Уряду СРСР. Всього були розроблені, виготовлені, пройшли налаштування і різні випробування з багатократними вдосконаленнями вузлів більше сотні зразків гідромеханічних, електричних, електропневматичних і мікропроцесорних САУР різних тракторів. Об'єктами автоматизації були: експериментальний зразок трактора з безступінчастою об'ємною гідропередачею власної розробки і такі ж дослідні трактори Липецького (ЛТЗ) та Мінського (МТЗ) тракторних заводів, а також серійні трактори МТЗ, ХТЗ і Санкт-Петербурзького (у минулому Кіровського) заводів [2].

Особливо складним виявилось з'ясування тонкощів і досягнення оптимального функціонування САУР у перехідних процесах (рушання з місця, розгін, зміна навантаження, самоналаштування на обмежену частоту переключень передач, уповільнення і зупинка трактора, що виконувалось з різною інтенсивністю) за різних умов експлуатації тракторів зі ступінчастими коробками передач. Ці складнощі були успішно подолані. В останніх варіантах САУР трактора Т-150К ХТЗ не було навіть тумблера для відключення САУР. Ручні органи прямого механічного управління двигуном і трансмісією залишалися колишні. Проте під час випробувань САУР торкатись до них потреби не було. Якщо тракторист довільно перемикав передачу, САУР після нетривалого «роздуму» (1-3 с) відновлювала оптимальний режим роботи на заданій швидкості руху трактора. Але при включенні вала відбору потужності САУР повинна автоматично відключатись для стабілізації чи зміни номінального швидкісного режиму роботи двигуна на вимогу виконуваного технологічного процесу.

При безступінчастій коробці передач трактора і раціональній структурі САУР ускладнень, зумовлених ступінчастістю трансмісії, не було, а показники ефективності такого автоматизованого трактора значно вищі. Тому для перспективних тракторів ХТЗ доцільна безступінчаста двопотокова гідромеханічна коробка передач, яка широко використовується за кордоном і вже розробляється для ХТЗ. В подальшій перспективі тут буде безступінчаста електропередача.

Щоб при нарощуванні ступеня автоматизації МТА не потрібно було істотно змінювати створені засоби автоматизації САУР, а те, що вже рекомендується до виробництва, сприяло б наступному розвитку автоматизації, були розроблені трактори-роботи на базі трактора МТЗ-82Б з об'ємною гідропередачею і серійного трактора Т-150К, оснащених допрацьованими зразками САУР. Виконані дослідження різного використання тракторів-роботів дали цінний практичний досвід пізнання особливостей САУР сільськогосподарських тракторів.

У 1986-1990 роках були успішно завершені відомчі випробування і велись приймальні випробування САУР трактора Т-150К. Паралельно була розпочата підготовка виробництва перших 30 тис. комплектів САУР в рік для тракторів ХТЗ. Після розпаду СРСР ця робота була зупинена через припинення фінансування. Якби СРСР зберігся, ХТЗ став би першим у світі заводом, що почав серійне виробництво тракторів, оснащених САУР.

Припинення функціонування в незалежній Україні НДІ з дизельного та сільськогосподарського машинобудування; згорання пошукових розробок і **продаж ХТЗ в Росію, а також** завдання по скороченню штатів НДІ НААН, відгукнулись в ННЦ «ІМЕСГ» згоранням, а з 2009 року - заборонаю завершити заплановані на останню п'ятирічку дослідження в напрямку автоматизації тракторів. Співробітників з цієї тематики звільнили, а лабораторне обладнання для підготовки експериментальних досліджень зруйнували. Аспіранти пішли туди, де можливо простіше і швидше отримати вчений ступінь. У 2008 році Уряд України вперше за роки незалежності виділив ННЦ «ІМЕСГ» (а не ПАТ «ХТЗ», бо воно банкрут) деякі кошти для розроблення нових потужних тракторів ХТЗ. Проте задачі автоматизації цих тракторів не увійшли в програму запланованих робіт.

Мета дослідження – обґрунтувати пропозиції і технічні рішення засобів автоматизації, які найближчим часом можуть бути розроблені і застосовані в нових потужних тракторах ХТЗ.

Результати дослідження. Актуальним є вдосконалення засобів

автоматизації систем контролю та індикації режимів роботи серійних тракторів і гідрофікованих начіпних систем нових тракторів. Цим повинні займатись спеціалізовані організації, які вже брали участь у розробленні чи мають досвід створення таких мікропроцесорних засобів.

Обґрунтування нової розробки. Пропонується здійснити автоматичну зміну (коректування) швидкісного режиму роботи дизеля для збереження незмінної заданої технологією оптимальної швидкості руху МТА при переключенні передач у трансмісії трактора, що виконується для компенсації змін навантаження дизеля (режим V, шифр комплексу необхідних пристроїв - «Економайзер»). Цей режим можливий при недовантаженні дизеля, до чого вже наблизились сучасні енергонасичені трактори навіть на оранці, і вже є в автомобілях.

Режим автоматичної зміни лише передаточного числа трансмісії з метою досягнення максимальної продуктивності шляхом отримання можливо більшої потужності дизеля (режим N) як основний відходить у минуле. В сучасних САУР режим V автоматично переходить у режим N при досягненні повного завантаження дизеля. В наш час режим N слід вважати «нетехнологічним», бо йому властиві відхилення від потрібної за технологією швидкості руху МТА. Ці відхилення викликають зниження якості виконання технологічних процесів, перевитрату пального або недосягнення передбаченої технологією продуктивності через обмаль потужності дизеля. Останнє обмеження в сучасних закордонних тракторах відсутнє.

Особливості автоматичного здійснення режиму V і його економічна ефективність були теоретично і експериментально досліджені в УНДІМЕСГ ще у шістдесяті роки минулого століття на унікальних тракторах з об'ємними безступінчастими гідропередачами, розробленими в УНДІМЕСГ, ЛТЗ і МТЗ. На цих тракторах були встановлені розроблені в УНДІМЕСГ різні за принциповими схемами і конструкцією комплексні САУР швидкісним режимом роботи дизеля і передаточним числом трансмісії. Різні САУР цих тракторів дали в режимі V майже однакові результати: при недовантаженні дизеля в межах 10-20% отримали економію пального в межах 2-3% на кожні 10% недовантаження; при недовантаженні в межах 30-50% економія пального становила вже 4-5% на кожні чергові 10% недовантаження дизеля. Базою для порівняння було виконання тієї ж роботи, на тій же швидкості руху трактора при максимальному (номінальному) швидкісному режимі роботи дизеля і потрібному для цього передаточному числі в коробці передач трактора (режим 0 – звичайний режим роботи трактора).

Виконані в Одеському філіалі НАТІ, УкрЦВТ і в різних господарствах у 1983-1989 роках випробування тракторів Т-150К, оснащених комплексною САУР, дали наступне. Оранка трактором Т-150К в режимі 0 зазвичай виконувалась на другій передачі. Так менше трусило тракториста і рідше потрібно було вручну переключати передачі. Третю передачу включали тільки при істотному зменшенні навантаження або за бажання скоріше закінчити роботу.

У цих же умовах при завданні САУР максимальної швидкості руху трактора переважала робота на третій передачі, а переключення передач відбувались автоматично з метою максимального завантаження дизеля при його незмінному номінальному швидкісному режимі роботи (режим N). Зрідка включалася навіть четверта передача. Продуктивність МТА збільшувалась на 10-20 %, а бака пального іноді не вистачало до кінця зміни. Збільшення витрати пального відбувалось як внаслідок підвищення продуктивності МТА, так і через збільшення опору руху при збільшенні швидкості руху на оранці вище 6-8 км/годину (на третій передачі - 9 км/годину).

При завданні САУР підтримувати швидкість руху 8 км/годину (режим V, рівень швидкості другої передачі) включення третьої передачі викликало автоматичне зменшення швидкісного режиму роботи дизеля до 1800-1750 об/хв, щоб відновити задану швидкість руху трактора. В такому режимі роботи САУР було отримано до 20 літрів економії пального за зміну в порівнянні зі звичайною роботою на другій передачі в режимі 0. Отримане значення економії пального залежало від середнього значення і змін опору руху, що обумовлювало різне співвідношення сумарних періодів роботи на різних передачах в режимі V.

На менш енергоємних роботах, що допускають рух на четвертій передачі транспортного ряду, можливо отримати ще більшу економію пального, ніж на оранці. Зокрема, на польових транспортних роботах вдавалося заощаджувати до 20% пального.

Крім економії пального, в режимі V досягається спрощення управління трактором, усунення різких поштовхів при переключенні передач і підвищення якості виконання технологічних процесів.

Технічні рішення пристроїв «Економайзер-1». Дії режиму V, створеної в ННЦ «ІМЕСГ» САУР трактора Т-150К, здійснює спеціальний виконавчий механізм, зовні якого є три важелі (рис.). Важіль 1 (вихідний) з'єднаний з задатчиком швидкості руху трактора, який досі був органом управління швидкісним режимом роботи дизеля. Важіль 2 (вихідний) з'єднаний з важелем регулятора швидкісного режиму ди-

зеля. Важіль 3 (вихідний) з'єднаний з важелем безрозривного переключення чотирьох передач. Осі цих важелів з'єднані між собою в середині виконавчого механізму через диференціальний, кулачковий і два храпових механізми, кожний з блоком двох зубців, різноспрямованих на свої храпові диски переключення передач і зміни швидкісного режиму роботи дизеля. Кожний храповий механізм має свій електропневматичний привод. При включенні живлення одного з приводів негайно відбувається поворот важеля переключення передач, а при відключенні через автоматично визначений період часу (0,2-0,6 с) – поворот важеля управління швидкісним режимом роботи дизеля. Рознесення в часі цих дій виконавчого механізму забезпечує одномоментне взаємне погашення протилежно спрямованих поштовхів, які є при переключенні передач і зміні швидкісного режиму роботи дизеля.

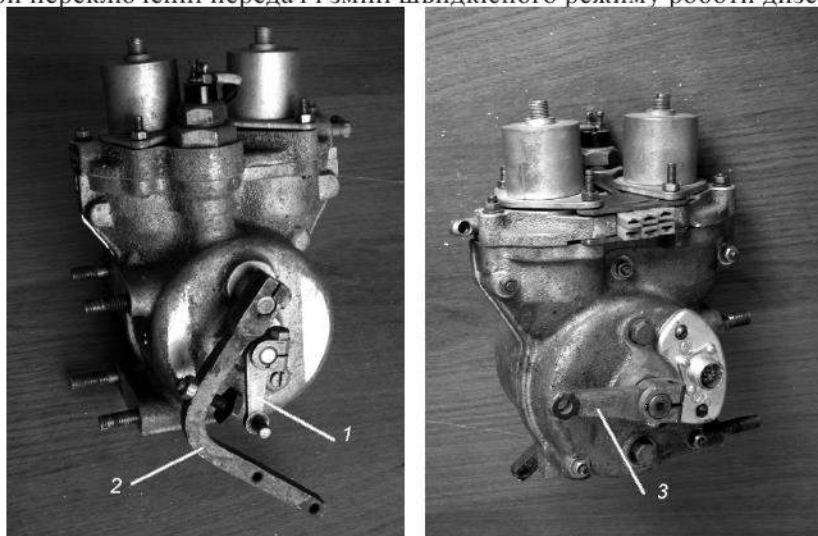


Рис. Виконавчий механізм САУР трактора Т-150К. Вид з двох боків.

Цей же виконавчий механізм буде застосований у перших зразках пристроїв «Економайзер-1».

Інформацію для автоматичного формування команд переключати передачі спочатку планувалось отримати від простого індукційного датчика, встановленого близько зубців стартерного вінця маховика [3]. З допомогою цього датчика визначали нерівномірність обертання колінвала в межах циклу роботи дизеля, яка відображає завантаження

дизеля. Припинення досліджень в напрямку автоматизації тракторів у 2009 році унеможливило виконання завершальних польових досліджень і необхідне коригування програми роботи цього датчика. Тому в пристрої «Економайзер-1» пропонується залишити ручне переключення передач. Для зручності тракториста під рульовим колесом слід розмістити підпружинений важіль (або дугу), натискаючи на який вгору або вниз, здійснювати переключення передач при залишенні обох рук на кермі. Це особливо корисно при розворотах МТА з одночасним переключенням передач.

Подальші розробки. Після випробувань і отримання переконання в ефективності демонстраційного зразка пристрою «Економайзер-1» слід розробити окремі електричні виконавчі механізми для бустерного ручного переключення передач і пристрій «Економайзер-2» для коригування швидкісного режиму роботи дизеля при переключенні передач.

Згодом на потужних тракторах ХТЗ з'явиться новий дизель з системою паливоподачі типу Common Rail. Цим буде вирішена задача простого, достовірного і надійного отримання інформації про ступінь завантаження дизеля для розроблення ефективних алгоритмів функціонування повнокомплектних САУР тракторів зі ступінчастою і безступінчастою коробкою передач. Постійна зміна швидкісних режимів роботи дизеля і трансмісії при функціонуванні САУР трактора з безступінчастою коробкою передач буде потребувати введення спеціальних заходів для усунення дестабілізуючої дії позитивних зворотних зв'язків такої САУР.

Висновки. Світові визначні успіхи і наші минулі досягнення свідчать про високу ефективність автоматизації управління енергетичними режимами роботи сільськогосподарських тракторів. Така автоматизація абсолютно необхідна при безступінчастій коробці передач, яка неминуче з'явиться на наших тракторах. Тому слід визнати хибним припинення таких досліджень і доцільним їх відновлення в ННЦ «ІМЕСГ», де є досвід створення систем автоматизованого управління енергетичними режимами роботи трактора. Першим кроком цих досліджень має бути створення сучасної системи одночасної автоматичної зміни швидкісного режиму роботи дизеля і передаточного числа трансмісії трактора з метою автоматичної стабілізації заданої оптимальної для кожного технологічного процесу швидкості руху машинно-тракторного агрегату та досягнення мінімальної витрати пального незалежно від ступеня завантаження дизеля.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Гром-Мазничевский Л.И. Результаты испытаний экспериментального трактора с автоматической гидрообъемной трансмиссией // Вопросы механизации и электрификации сельского хозяйства. Научные труды УНИИМЭСХ. – Т. V. – 1964, - К: Гос. изд. с.-х. лит. – С. 39-49.
2. Гром-Мазничевський Л.Г. Використання мікропроцесорних засобів для автоматизації мобільної сільськогосподарської техніки // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха. – 2000. – Вип. 83. – С.52-54.
3. Гром-Мазничевський Л.Г. Адаптивне визначення ступеня завантаження дизеля машинно-тракторного агрегату // Техніка і технології АПК. – 2012. – №3. – С.38-42.

СОСТОЯНИЕ И ЗАДАЧИ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТРАКТОРОВ

Рассмотрены выдающиеся успехи за рубежом, наши достижения в СССР и наш современный упадок исследований и разработок в направлении автоматизации управления энергетическими режимами работы сельскохозяйственных тракторов Украины. Изложены предложения по возрождению этого направления развития тракторостроения.

Ключевые слова: сельскохозяйственный трактор, автоматизация, режимы работы, минимальный расход топлива, рекомендации.

CONDITION & TASKS OF AUTOMATION CONTROL POWER MODES OF AGRICULTURAL TRACTORS ENERGY REGIMES

Foreign outstanding successes, our achievements in former USSR and our contemporary decline of researches and design for automation management of power working regimes for agricultural tractors in Ukraine have been considered. The offers how to revive this direction of development tractor's design are stated.

Key words: an agricultural tractor, automation, modes of operations, minimal expense of fuel, the proposals.