

М.П. Артёмов

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

До дослідження динаміки колісного сільськогосподарського машинно-тракторного агрегату

В статті розглянуто чинники, які впливають на динаміку колісного сільськогосподарського машинно-тракторного агрегату (МТА), їх вплив на функціональну стабільність під час виконання агротехнічних операцій.

динаміка, функціональна стабільність, машинно-тракторний агрегат

Вступ

Зміни, що відбуваються в сільськогосподарському виробництві: поява невеличких трудових колективів і приватних господарств, впровадження нових технологій та методів організації робіт – вимагають подальшої універсалізації тракторів, як енергетичних засобів, а також розширення меж їх діяльності.

Сучасні трактори отримали нові функціональні якості, це пов'язано із збільшенням можливостей їх агрегування, поєднанням декількох технологічних операцій, використанням машин і обладнання з активними робочими органами, використанням нових компоновальних схем.

Прикладом можуть бути, так звані, інтегральні, або системні трактори: вітчизняні ХТЗ-121, ХТЗ-161, російського виробництва – ЛТЗ-155, Deutz і високоенергонасичені засоби багатопільового призначення Steyr-8300, Djon Deer. Із збільшенням енергонасиченості і функціональних можливостей тракторів змінюється їх динаміка під час роботи у складі сільськогосподарського МТА, що на сучасному етапі потребує додаткових досліджень.

Проблема

Здебільшого до господарств України потрапляють трактори, що відпрацювали певний моторесурс. Скільки такий трактор відпрацює на ланах фермерського або державного господарства – питання лишається відкритим. У зв'язку з цим було проаналізовано багато варіантів контролю технічного стану енергозасобів, що надходять до України. Одним з методів визначення, як технічного стану так і ресурсу роботи енергозасобу у складі МТА є оцінка використання розвиненої потужності за зміною величини прискорення.

Аналіз досліджень і публікацій

Динамічні властивості трактора в значній мірі визначають його експлуатаційні, агротехнічні показники, через які визначається надійність, строки безвідмовної роботи. Виходячи з цього необхідно зробити висновок - створення нових сільськогосподарських енергетичних засобів вимагає подальшого розвитку як методів досліджень, так і самих досліджень в області динаміки цих машин. За рахунок збільшення вимог до якості виконання робіт, екологічної безпеки, підвищення врожайності, виникає необхідність створення прогресивних форм організації праці,

нових технологічних процесів, вдосконалення трактора, як основного енергетичного засобу та технологічної частини МТА.

Наукові основи досліджень і випробувань сільськогосподарської техніки закладені академіком В.П. Горячкіним, який назвав новий напрямок у науці – "землеробська механіка" [1]. П.М. Василенко в подальшому за допомогою рівнянь Лагранжа другого роду описав процес появи випадкових збурень руху сільськогосподарської машини[2]. У своїх чисельних працях з землеробської механіки вони звертали увагу на імовірний, випадковий характер показників роботи сільськогосподарських агрегатів через змінність зовнішніх умов. Питання теорії руху машино-тракторних агрегатів, як об'єктів систем автоматичного регулювання і керування детально були розглянуті в роботах О.Б. Лур'є, але оптимальні механічні і динамічні параметри не визначаються[4]. Також не були досліджені умови роботоздатності МТА, оскільки припускалось, що всі функції з оптимізації руху будуть покладені на систему автоматичного регулювання.

На сучасному етапі досліджень все більше уваги звертається на необхідність встановлення співвідношень між діючими на МТА силами, з одного боку, їх масою, швидкостями і режимами роботи – з іншого[3]. Як з'ясовується, всі дослідження проводяться заради того, щоб знайти оптимальне співвідношення між механічними параметрами машин в агрегаті та швидкісними режимами роботи.

Мета досліджень

Не однаково впливає на динамічні показники агрегата та стійкість руху, розташування сільськогосподарських машин по відношенню до енергетичного засобу (трактора): попереду, збоку, або ззаду. Також певним чином на функціональну стабільність роботи МТА впливає технічний стан енергетичного засобу, розподіл крутних моментів, що підводяться до ведучих коліс та випадковість сил опору робочих органів сільськогосподарських знарядь. Необхідно розглянути, як впливає на ефективність роботи МТА використання потужності енергозасобу і крутних моментів під час перехідних процесів.

Вирішення задачі

Динамічні властивості виявляються під час розгону або гальмування МТА і у випадках коли сільськогосподарський агрегат рухається на прямолінійній ділянці, або виконує маневр згідно агротехнічних вимог.

Рух сільськогосподарського машино-тракторного агрегату, як механічної системи, є визначеним, якщо відомі сили, що на нього впливають, і початкові умови руху. Однак, між тим в реальних умовах поряд з основними факторами завжди існують додаткові випадкові збурюючі сили, які виводять систему із стану усталеного руху. Існують два різновиди сталого руху механічних систем (до яких ми відносимо сільськогосподарські МТА). У першому з них початкові збурення у продовж певного часу асимптоматично зменшуються до нуля і зникають; у цьому випадку рух МТА є асимптоматично сталим. У другому випадку збурення, залишаючись малим, повністю не зникає, така сталість визначається, як несимптоматична [5].

Динамічні властивості при різних видах маневрування проявляються через керованість і стійкість руху агрегату. Тому необхідно провести дослідження та надати оцінку потенційних динамічних можливостей сільськогосподарських мобільних енергетичних засобів. Ми визначали, що динамічні властивості МТА інтенсивно проявляються під час перехідних процесів: зміни швидкості руху, зміни сили опору сільськогосподарського знаряддя, потужності, яку розвиває двигун, і в залежності від цього відбувається зміна ефективності роботи, тобто ККД всього агрегату. Коефіцієнт корисної дії ми можемо використовувати, як кваліметричну характеристику агрегату. В дослідженнях автомобілів за останні роки приділяється багато уваги вивченню цього показника багатьма авторами в своїх роботах. [6,7,8,9], оскільки ККД стає не тільки

економічним критерієм якості автомобілів, а й діагностичним параметром їх технічного стану.

Максимальна потужність двигуна мобільного енергетичного засобу реалізується під час його рушання. В цей час потужність двигуна, що підводиться до коліс, витрачається на подолання сили опору коченню, сили опору сільськогосподарського знаряддя, буксування. Надлишок, або запас потужності, що використовується для рушання МТА визначає його динамічність

$$N_e = N_T + \sum N_O, \quad (1)$$

де N_T - тягова потужність, яка використовується на подолання опору знарядь кВт;

$\sum N_O$ - сума втрат потужності на подолання різноманітних опорів, кВт.

$$N_e = N_T + N_f + N_\delta + N_{TP}, \quad (2)$$

де N_f - втрати потужності на перекочування коліс, кВт;

N_δ - втрати потужності на буксування, кВт;

N_{TP} - втрати потужності в трансмісії, кВт.

Після підстановки значень втрат потужності до (1) отримаємо формулу ефективної потужності енергозасобу при роботі на рівній ділянці поля:

$$N_e = \frac{P_T V_P + P_f V_P + P_{пул} (V_T - V_P)}{3,6} + N (1 - \eta_{TP}). \quad (3)$$

Використання ефективної потужності на рівній ділянці не викриває динамічні можливості сільськогосподарського колісного агрегата. Тому спробуємо записати ефективну потужність двигуна, що реалізується під час розгону агрегату і може бути визначена як

$$N_e = \frac{(m_T + m_3)gV_T(f_T + f_3) + (m_T + m_3)gV_T K_{зч} \varphi \frac{S_x}{1 - S_x} + (m_T + m_3)V_T \delta \frac{dV}{dt}}{\eta_{TP}(1 - S_x)}, \quad (4)$$

де m_T - маса енергетичної установки (трактора);

m_3 - маса сільськогосподарського знаряддя;

V_T - лінійна швидкість трактора;

f_T - коефіцієнт опору коченню коліс енергоустановки;

f_3 - коефіцієнт опору сільськогосподарського знаряддя;

$K_{зч}$ - коефіцієнт використання зчпної ваги енергоустановки під час рушання, що враховує схему приводу ведучих коліс та ступінь реалізації можливої тягової сили;

φ - коефіцієнт зчеплення коліс з поверхнею поля;

P_T - сила тяги енергетичного засобу;

S_x - відносна буксування ведучих коліс

$$S_x = \frac{\omega_k r_\delta - V_T}{\omega_k r_\delta} = 1 - \frac{V_T}{\omega_k r_\delta}; \quad (5)$$

ω_k - кутова швидкість ведучих коліс;

η_{TP} - ККД трансмісії;

r_δ - динамічний радіус ведучих коліс;

δ – коефіцієнт, що враховує маси двигуна і трансмісії, які обертаються

$$\delta = 1,03 + 0,05 \cdot u_{кп}^2 ; \quad (6)$$

де $u_{кп}$ – передатне число коробки передач.

Коли в енергетичній установці використовується безступінчаста трансмісія, δ є безперервною функцією від $u_{кп}$ або швидкості V_T руху агрегату.

Лінійне прискорення МТА визначається за допомогою наступної залежності за умови якщо $K_{зч} < 1$

$$\frac{dV_T}{dt} = K_{зч} (\varphi + f_T) \cdot g - f_T \cdot g - \frac{f_3 \cdot P_T}{(m_T + m_3)} \cdot V_T^2. \quad (7)$$

З виведеного рівняння можна зробити висновок, що лінійне прискорення залежить прямопропорційно від сили тяги, яку розвиває мобільний енергетичний засіб, і швидкості з якою виконується агротехнічна операція та обернено пропорційна залежність із збільшенням маси МТА. Таким чином, можна зробити висновок, прискорення залежить від сили тяги, яку розвиває двигун мобільного енергетичного засобу, і його технічного стану.

Відношення N_T - теоретичної потужності і N_e - ефективної потужності дає дійсний результат використання мобільного енергетичного засобу у складі МТА і є тяговим коефіцієнтом корисної дії

$$\eta_T = \frac{N_T}{N_e}. \quad (8)$$

Значення тягового ККД в основному залежать від конструктивних параметрів мобільного енергетичного засобу і ґрунтових умов.

Висновки

Динамічні властивості МТА інтенсивно проявляються під час перехідних процесів: зміни швидкості руху, зміни сили опору сільськогосподарського знаряддя, потужності, яку розвиває двигун, і в залежності від цього відбувається зміна ефективності роботи. Оцінку технічного стану МТА і можливості його подальшого використання можна надати за двома показниками, що впливають на функціональну стабільність: інтенсивністю зміни швидкості, зміною тягового ККД.

Список літератури

1. Горячкин В.П. Собрание сочинений.- Т.2. – М.: Колос, 1968. – 240с.
2. Василенко П.М. Универсальные математические модели функционирования машинных агрегатов и их применение. – К.: Изд-во УСХА, 1990. – 14с.
3. Надикто В.Т., Крижачківський М.Л., Кюрчев В.М., Абдула С.Л. Нові мобільні енергетичні засоби України. Теоретичні основи використання в землеробстві.: Навчальний посібник / Міністерство аграрної політики України. Мелітополь. 2005. – 338с.
4. Лурье А.Б. Автоматизация сельскохозяйственных агрегатов.- Л.: Колос. 1967. 263с.
5. Гячев Л.В. Устойчивость движения сельскохозяйственных машин и агрегатов. – М.: Машиностроение, 1981. – 206 с.
6. Закин Я. Х. Маневренность автомобиля и автопоезда. -М.: Транспорт, 1986. – 136с.
7. Чайковский И. П., Саломатин П. А. Рулевое управление автомобилей. -М.: Машиностроение, 1987.– 176 с.
8. Подригало М.А. Волков В.П., Бобошко А.А., и др. Динамика автомобиля. – Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2008. – 426 с.
9. Legouis T., Gosselin C., Bourassa P., Laneville A. Etude parametrique de la stabilite dynamique du systeme venicule / pilote. Yndenieur automobile, 1985, p.78-83.
10. Певзнер Я. М. Теория устойчивости автомобиля. - М.: Машгиз, 1947.– 156 с.

Об исследовании динамики колёсного сельскохозяйственного машинно-тракторного агрегата

В статье рассмотрены факторы, влияющие на динамику колёсного сельскохозяйственного машинно-тракторного агрегата (МТА), их влияние на функциональную стабильность во время выполнения агротехнических операций.

M. Artemov

About research of dynamics of the wheel agricultural mashinno-tractor unit

In article the factors influencing dynamics of the wheel agricultural mashinno-tractor unit, their influence on functional stability during performance of agrotechnical operations are considered.

Одержано 29.10.09