

Обробка інформації в складних технічних системах

УДК 631.3-182

М.П. Артёмов

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
ім. П. Василенка, Харків*

ДО МЕТОДИКИ ОЦІНКИ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТАБІЛЬНОСТІ МОБІЛЬНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Проведено визначення методики для розрахунку оптимальних параметрів функціональної стабільності мобільних сільськогосподарських машин за допомогою розробленого методу парціальних прискорень.

Ключові слова: парціальні прискорення, потужність, мобільні сільськогосподарські машини.

Вступ

Проблема визначення оптимальних параметрів руху мобільних сільськогосподарських машин в процесі виконання технологічних операцій та контроль їх технічного стану в режимі on-line останнім часом гостро постала перед дослідниками. Режими роботи агрегату, як механічної системи, залежать від багатьох взаємопов'язаних параметрів. Тому завдання певного режиму роботи зводиться до вибору раціональних початкових параметрів. Встановлення їх є початковим етапом підготовки агрегату до виконання агротехнічних операцій.

Аналіз основних публікацій, досліджень. В багатьох випадках для розрахунку сил, що діють на механічну систему застосовувався дослідниками принцип Германа-Д'Аламбера-Ейлера [1], відомого у механіці як принцип кінетостатики, або принцип квазістатичної рівноваги.

Ідея Д'Аламбера полягала в тому, щоб привести рівняння динаміки до більш простих рівнянь статички. Мовою математики це означає приведення змішаної системи векторів (прискорень і сил) до однорідного векторного простору сил. Такий підхід дозволив у інженерній механіці значно спростити силовий аналіз складних механізмів.

Наукові основи досліджень і випробувань сільськогосподарської техніки закладені академіком В.П. Горячкіним, який назвав новий напрямок у науці – "землеробська механіка"[2]. П.М. Василенко в подальшому за допомогою рівнянь Лагранжа другого роду описав процес появи випадкових збурень руху сільськогосподарської машини[3]. У своїх чисельних працях з землеробської механіки вони звертали увагу на імовірний, випадковий характер показників роботи сільськогосподарських агрегатів через змінність зовнішніх умов.

Постановка проблеми. Існуючі методи розрахунку [4, 5] не дозволяють з необхідною точністю визначити оптимальні параметри використання мобіль-

них сільськогосподарських агрегатів. Проблема обґрунтування оптимальних режимів роботи і параметрів машинно-тракторних агрегатів має велике значення. Різноманіття ґрунтів і велика кількість інших факторів ускладнюють вирішення цієї задачі. При визначенні основних параметрів необхідно вирішувати наступні задачі – підвищення продуктивності, надійності, точності в процесі виконання агротехнічних операцій, економічності по відношенню до відомих моделей.

Задовольнити високі вимоги агротехніки можливо тільки ретельно проаналізувавши режими руху мобільних сільськогосподарських машин. Від обраного режиму руху, способу керування залежить тривалість перехідного процесу і всього терміну виконання операції, що позначається на продуктивності. Якість руху мобільної машини оцінюється, як правило, такими показниками: кількістю витраченої енергії, точністю виконання технологічної операції, величиною динамічних навантажень на елементи агрегату.

Вирішення задачі

При проведенні динамічних випробувань мобільних машин фахівці стикаються з цілою низкою проблем, що обумовлені недосконалістю існуючих методів проведення цих процесів. Особливі труднощі при проведенні випробувань сільськогосподарської техніки виникають з вимірюваннями таких параметрів, як тягове зусилля, швидкість руху, зусилля на кріюку, потужність двигуна і тягового ККД. Також певний інтерес в процесі руху мобільних агрегатів викликають лінійна та кутова швидкості, сили опору руху та ін.

Метод парціальних прискорень[6], що пропонується, побудований на зворотному переході від векторної суми у просторі сил до векторної суми у просторі прискорень. В основі метода лежить принцип суперпозиції в механіці. Якщо принцип Д'Аламбера зручно використовувати в теоретичних дослідженнях, то метод парціальних прискорень – в про-

цесі проведення експериментальних досліджень та подальшій обробці їх результатів і узагальненні.

Парціальне (від старо-латинської *partialis* – частковий), тобто прискорення яке мала б машина під дією однієї сили яка прикладена в цей час до неї за відсутності всіх інших сил. Загальне прискорення мобільної машини дорівнює сумі прискорень які вона отримує від дії усіх сил, що виводять її з одного стану рівномірного руху до іншого. Прискорення, яке отримує машина від дії сил, означає початок перехідного процесу і є показником динамічних властивостей.

Рівняння динаміки поступального руху трактора має вигляд

$$m_T \cdot \dot{V}_T(V) = P_{ТЯГ}(V) - P_{КР}(V) - m_T \cdot g[f(V) + f_{mp}(V)], \quad (1)$$

де m_T – загальна маса трактора; \dot{V}_T – лінійне прискорення трактора; $P_{ТЯГ}(V)$ – тягове зусилля на ведучих колесах, умовно визначене для випадку, коли відсутні втрати енергії в трансмісії; $P_{КР}(V)$ – функція зміни зусилля на кріюку від швидкості руху; g – прискорення вільного падіння, $g=9,81 \text{ м/с}^2$; $f(V)$ – функція зміни коефіцієнта опору коченню коліс трактора від швидкості; $f_{mp}(V)$ – умовне збільшення коефіцієнту опору коченню коліс трактора за рахунок приведення до коліс опору в трансмісії ходової частини машини.

Зусилля на кріюку можна визначити як

$$P_{КР}(V) = P_{КР}^{СТАТ}(V) + P_{КР}^{ДИН}(V), \quad (2)$$

де $P_{КР}^{ДИН}(V)$ – динамічна компонента зусилля на кріюку,

$$P_{КР}^{ДИН}(V) = m_{ПР} \cdot \dot{V}_{ПР}(V); \quad (3)$$

$m_{ПР}$; $\dot{V}_{ПР}$ – маса і прискорення причіпної ланки; $P_{КР}^{СТАТ}(V)$ – статична компонента зусилля на кріюку.

З урахуванням виразів (2) і (3) рівняння (1) прийме вигляд

$$m_T \cdot \dot{V}_T(V) \left(1 + \frac{m_{ПР}}{m_T} \right) = P_{ТЯГ}(V) - P_{КР}^{СТАТ}(V) - m_T g[f(V) + f_{ТР}(V)]. \quad (4)$$

Якщо поділити ліву і праву частини рівняння (4) на m_T , отримаємо

$$\left(1 + \frac{m_{ПР}}{m_T} \right) \dot{V}_T(V) = \frac{P_{ТЯГ}(V)}{m_T} - \frac{P_{КР}^{СТАТ}(V)}{m_T} - g[f(V) + f_{ТР}(V)]. \quad (5)$$

Проаналізуємо праву частину рівняння (5).

$$\dot{V}_T^{СВ.Р}(V) = \frac{P_{ТЯГ}(V)}{m_T}. \quad (6)$$

Величина (6) є парціальним прискоренням, що виникає в процесі розгону машинно-тракторного агрегату та відсутності яких-небудь сил окрім сили $P_{ТЯГ}(V)$.

Парціальне прискорення

$$\dot{V}_T^{КР}(V) = -\frac{P_{КР}^{СТАТ}(V)}{m_T} \quad (7)$$

характеризує прискорення трактора при відсутності тягової сили на ведучих колесах і опору коченню на всіх колесах трактора під дією тільки сили $P_{КР}(V)$.

Парціальне прискорення

$$\dot{V}_T^f(V) = -g[f(V) + f_{ТР}(V)] \quad (8)$$

представляє собою прискорення трактора під дією тільки сили опору коченню на колесах трактора.

Таким чином, рівняння (5) можна записати у вигляді суми парціальних прискорень

$$\left(1 + \frac{m_{ПР}}{m_T} \right) \dot{V}_T(V) = \dot{V}_T^{СВ.Р}(V) + \dot{V}_T^{КР}(V) + \dot{V}_T^f(V). \quad (9)$$

В процесі проведення експериментальних досліджень і наявності вимірювального комплексу (рис. 1), що забезпечує реєстрацію та обробку поздовжніх лінійних прискорень і швидкостей трактора, визначення парціальних прискорень можна здійснити при вільному вибігові машинно-тракторного агрегату і вільному вибігові одиночного трактора.

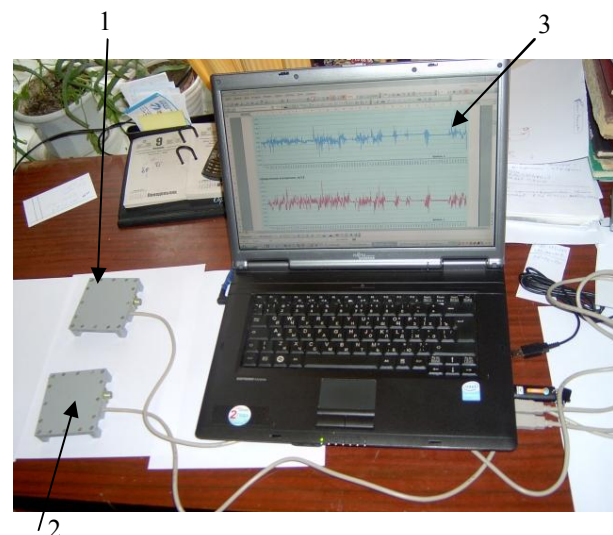


Рис. 1. Реєстраційно-вимірювальний комплекс:
1 – датчик прискорень MMA7260QT #445;
2 – датчик прискорень MMA7260QT #446;
3 – ЕОМ

Повна маса трактора ХТЗ-17221, що брав участь в експерименті визначалась за даними вказа-

ними в експлуатаційно-технічній документації на нього з урахуванням маси встановленого обладнання, механізатора, наявності експлуатаційних матеріалів та ПММ. Повна маса причепа МАЗ-8925 – заданими вказаними в експлуатаційно-технічній документації на нього з урахуванням знятого обладнання, наявності експлуатаційних матеріалів та ПММ.

Під час проведення експерименту використовувалися дорожні ділянки, для визначення динамічних властивостей тракторного потягу, що мали тверде покриття. На рис. 2 наведені графічні зображення залежності від часу поздовжніх прискорень та швидкості руху, що розвиваються тракторним потягом в різних умовах експлуатації, розгін і вибіг.

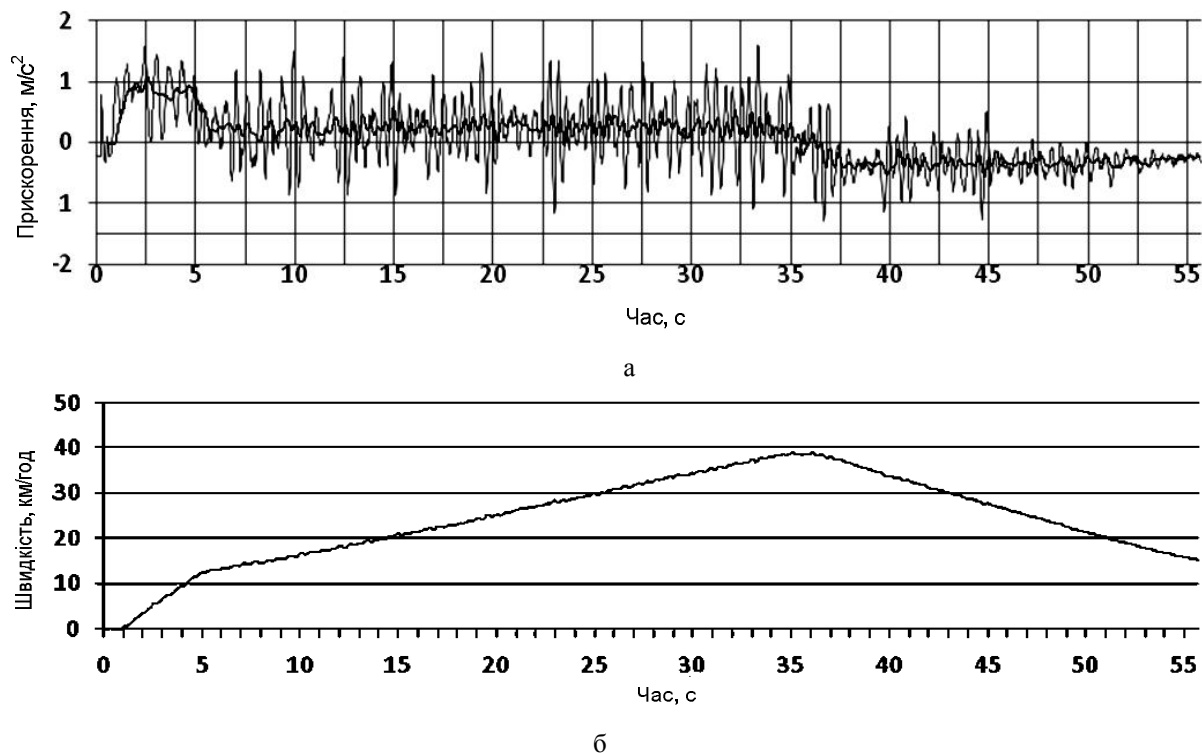


Рис. 2. Залежності від часу поздовжніх прискорень та швидкості руху, що розвиваються тракторним потягом: а – прискорення; б – швидкість

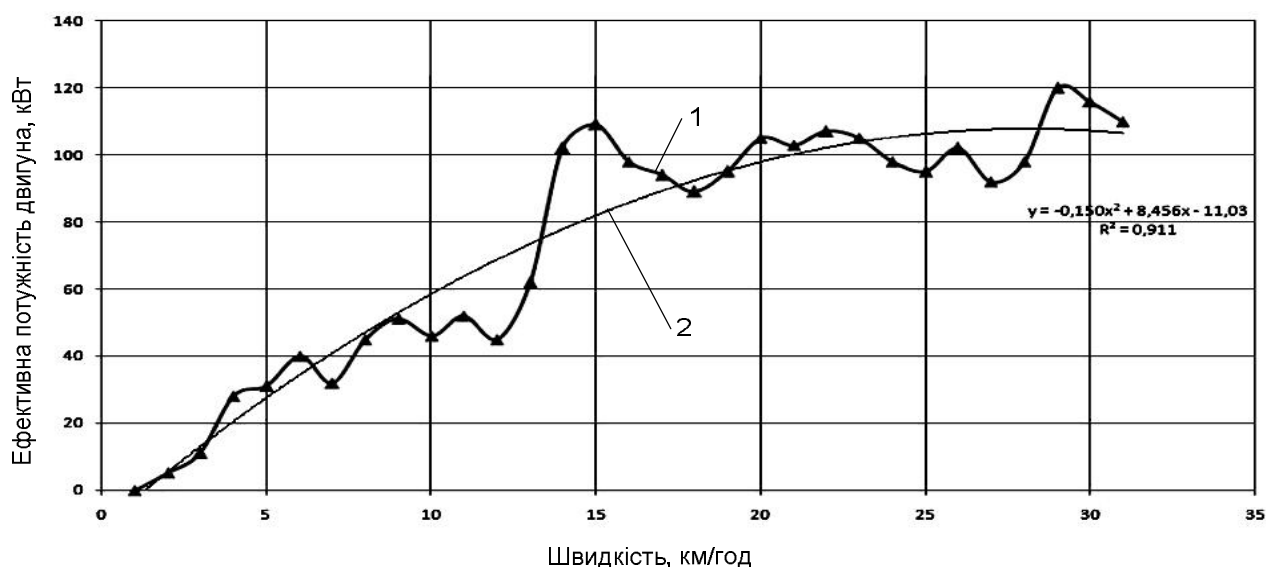


Рис. 3. Ефективна потужність, що розвивається трактором ХТЗ-17221 з причепом: 1 – експериментально визначена; 2 – апроксимована

В табл. 1 наведені значення ефективної потужності, що розвивається в процесі руху тракторного потягу та її графічне зображення (рис. 3). За допомо-

гою реєстраційно-вимірювального комплексу в процесі випробувань є можливість зробити аналіз витрат потужності двигуна на розгін трактора, рис. 4.

Таблиця 1

Отримані розрахункові дані тракторного потягу

Статистична оцінка	Значення ефективної потужності, кВт
Мінімальне	0
Максимальне	120
Середнє	73,74
Медіана	94
Мода	98
Середнє квадратичне відхилення	36,56
Розкид	120

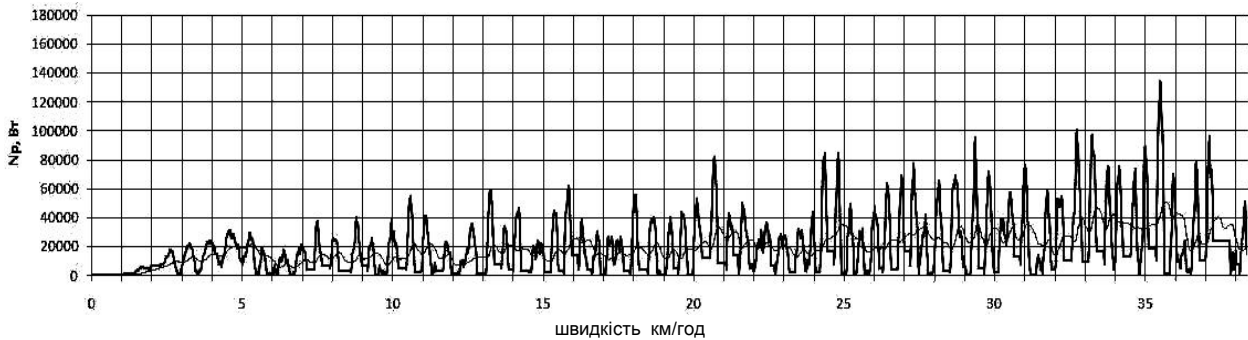


Рис. 4. Графік залежності потужності, що використовується на розгін трактора ХТЗ-17221, від швидкості руху

ВИСНОВКИ

Запропонований метод парціальних прискорень для визначення динамічних властивостей мобільних машин за допомогою розробленого мобільного реєстраційно-вимірювального комплексу дає змогу в режимі on-line надати характеристику використання ефективної потужності, що розвивається двигуном мобільної машини, під час перехідного процесу.

Список літератури

1. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики / С.М. Тарг. – М.: Наука, 1968. – 480 с.
2. Горячкин В.П. Собрание сочинений / В.П. Горячкин. – М.: Колос, 1968. – Т. 2. – 240 с.
3. Василенко П.М. Универсальные математические модели функционирования машинных агрегатов и их применение / П.М. Василенко. – К.: Изд-во УСХА, 1990. – 14 с.
4. Нові мобільні енергетичні засоби України. Теоретичні основи використання в землеробстві: навчальний посібник / В.Т. Надикто, М.Л. Крижачківський, В.М. Кюрчев, С.Л. Абдула; Міністерство аграрної політики України. – Мелітополь, 2005. – 338 с.

5. Динамика автомобиля / М.А. Подригало, В.П. Волков, А.А. Бобошко, В.А. Павленко, В.Л. Файст, Д.М. Клец, В.В. Редько; под ред. М.А. Подригало. – Х.: ХНАДУ, 2008. – 424 с.

6. Метод парциальных ускорений при исследовании динамики мобильных машин / Н.П. Артемов, А.Т. Лебедев, О.П. Алексеев, В.П. Волков, М.А. Подригало, А.С. Полянский // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. – № 1. – С. 16-18.

7. Пат. 54188 МПК (2009) G01L5/13. Спосіб визначення та обмеження динамічних навантажень при роботі тракторного агрегату: Пат. Україна МПК (2009) G01L5/13 / А.Т. Лебедев, М.А. Подригало, О.С. Полянский, М.П. Артемов, С.О. Дубінін, О.Г. Хворост, В.В. Задорожня, О.В. Кот. – № 201006298; заявл. 25.05.2010; Опубл. 25.10.2010; № Бюл. № 20.

Надійшла до редколегії 16.11.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.Т. Лебедев, Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка, Харків.

К МЕТОДИКЕ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СТАБИЛЬНОСТИ МОБИЛЬНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Н.П. Артемов

Проведено определение методики для расчета оптимальных параметров функциональной стабильности мобильных сельскохозяйственных машин с помощью разработанного метода парциальных ускорений.

Ключевые слова: парциальные ускорения, мощность, мобильные сельскохозяйственные машины.

ON THE ESTIMATION METHODS OF FUNCTIONAL STABILITY OF MOBILE AGRICULTURAL MACHINES

N.P. Artiymov

It has been determined methods for calculation of optimum parameters of functional stability of mobile agricultural machines by means of the developed partial-acceleration method.

Keywords: partial-accelerations, power, mobile agricultural machines.