УДК 629.3.016

© 2016

М.П. Артьомов,
доктор технічних наук
Харківський національний технічний університет сільського господарства імені П. Василенка

ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ І КВАЛІМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МОБІЛЬНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ АГРЕГАТІВ В ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Мета. *Створення методології визначення динамічних і кваліметричних параметрів для забезпечення динамічної стабільності мобільних сільськогосподарських агрегатів (МСА).* **Методи.** *Застосовано системний підхід до аналізу механічних систем. Для визначення завдань досліджень використано гіпотетичний метод, за аналізу робіт попередніх дослідників — інформаційно-аналітичний.* **Результати.** *Розроблено вимірювально-реєстраційний комплекс з використанням 3-координатних датчиків, за допомогою якого проведено дослідження мобільних сільськогосподарських агрегатів в експлуатації. Запропоновано наукові, методичні засади для проведення випробувань мобільних сільськогосподарських агрегатів у процесі експлуатації.* **Висновки.** *Створено вимірювально-реєстраційний комплекс і розроблено метод моделювання парціальних прискорень, які дають змогу проводити динамічні та кваліметричні випробування МСА у період експлуатації без втручання в конструкцію агрегату.*

Ключові слова: *мобільний вимірювально-реєстраційний комплекс, метод парціальних прискорень, динамічні і кваліметричні параметри.*

Основним обмеженням під час проведення польових робіт були і є стислі агротехнічні строки, які потребують використання високопродуктивних сільськогосподарських агрегатів на базі тракторів високого тягового класу з ефективною потужністю 200–350 к.с. Підвищенням рентабельності сільськогосподарського виробництва можна збільшити врожайність культур і зменшити витрати на їх вирощування.

Одним із напрямів зменшення експлуатаційних витрат є підвищення ефективності використання засобів механізації технологічних процесів — зниження часу на комплектування і динамічних навантажень, забезпечення необхідної керованості

та стійкості руху агрегатів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Важливою проблемою на сучасному етапі експлуатації сільськогосподарських агрегатів є визначення їх динамічних і квалиметричних характеристик у процесі експлуатації.

Сучасний трактор тягової концепції характеризується жорсткою параметричною залежністю між його вагою і потужністю двигуна. Суворість цієї залежності зумовлена необхідністю реалізації потужності двигуна лише через силу тяги і в обмеженому (агротехнічними вимогами) діапазоні швидкостей. Якщо потужність двигуна перевищуватиме відповідне їй значення ваги трактора, то вона не буде реалізована на більшості сільськогосподарських операцій через обмеження за технологічними швидкостями [1]. Зі зміною потужності трактор працюватиме зі зниженими швидкостями через брак тяги і не матиме потенційно можливої продуктивності.

Теорія трактора, використовувана для проектування енергетичних засобів, обґрунтована для тракторів тягової концепції. Д.А. Чудаков запропонував прийняти тягове зусилля за параметр, що встановлює клас трактора. У подальшому цей напрям розвивали І.І. Трепененков, А.Н. Судаков, М.І. Медведєв, В.В. Гуськов, Г.М. Кутьков, В.Т. Надикто, А.Т. Лебедєв, В.В. Адамчук, В.М. Булгаков. Матеріали, викладені в цих роботах, дають змогу розробляти та раціонально використовувати трактори різних класів та призначень. Технічні розробки розвивалися в напрямі підвищення експлуатаційно-технологічних показників за рахунок підвищення потужності і маси, технічного рівня та універсальності. Слід зауважити, що теорія трактора тягової концепції ефективна тоді, коли потужність двигуна реалізується через тягу [2–6]. Підвищення потужності трактора тягової концепції призводить до збільшення його маси, що не може продовжуватися постійно, а має раціональні межі, зумовлені технологічною необхідністю та екологічними критеріями

З огляду на те, що за останні роки отримали розвиток вимірювальні системи на основі багатокоординатних датчиків прискорень, які дають можливість якісно поліпшити і прискорити проведення динамічних випробувань мобільних машин, запропоновано ідею виразу діючих на мобільну машину активних і реактивних сил через прискорення (ураховуючи принцип суперпозиції в механіці). При цьому відбувається заміна змішаної векторної суми сил і прискорень у рівняннях динаміки на однорідну векторну суму прискорень. Це дає можливість збереження фізичного змісту отриманого векторного рівняння [7].

Використання датчиків інерції, так званих акселерометрів, відіграє значну роль у розв'язанні зазначених проблем. Проаналізовано варіанти застосування, принципи дії та розвиток технологій виробництва акселерометрів, які використовуються у цей час у світовому автомобілебудуванні [8, 9].Виконання технологічних операцій з обробітку ґрунту пов'язане зі значними витратами енергії для виконання самої технологічної операції і для динамічних процесів у системі трактор — ґрунтообробне знаряддя. На динамічну стабільність виконання агровимог впливають керованість, стійкість руху,зовнішні навантаження, що сприяє зміні якості їх виконання [5].

Отже, дослідження з підвищення ефективності експлуатації ґрунтообробних агрегатів та взаємозв'язку динамічних процесів зі зниженням енерговитрат є актуальним науково-прикладним напрямом розвитку сільськогосподарського виробництва України.

Мета досліджень — підвищення ефективності експлуатації МСА розробленням теорії динамічної стабільності,створення на базі одержаних наукових положень нових методів і способів керування, розрахунку стабілізації динамічних процесів.

Досягнення поставленої мети передбачає вирішення таких завдань:

- створення методології визначення динамічної стабільності МСА зі змінними параметрами стану для обґрунтування ресурсоощадних режимів їх роботи;
- теоретичне обґрунтування методу парціальних прискорень і його застосування для моніторингу та параметричної оцінки динамічних характеристик МСА;
- проведення теоретичного аналізу та обґрунтування застосування розробленого вимірювально-реєстраційного комплексу з контролю, оцінки тягово-енергетичних, силових характеристик МСА за несталого їх руху.

Результати досліджень. Динамічні випробування сільськогосподарських агрегатів

Рис. 1. Модель переходу до простору прискорень

є одним із найбільш розповсюджених і достовірних способів оцінки їх експлуатаційних властивостей. Під час проведення таких випробувань дослідники стикаються з багатьма складнощами, зумовленими недосконалістю наявних методів їх проведення. Під час проведення таких випробувань сільськогосподарської техніки виникають певні труднощі, пов'язані з вимірюванням і реєстрацією зміни в часі таких параметрів, як тягове зусилля, дійсна швидкість руху, зусилля на гаку, потужність двигуна, тяговий ККД. Особливу зацікавленість викликає визначення цих параметрів у режимі реального часу, що дасть змогу уточнити рівняння тягової динаміки мобільних сільськогосподарських агрегатів, витрати потужності і палива на виконання технологічних операцій. Залишаються невирішеними завдання обґрунтування універсальних методів оцінки в експлуатації тягових властивостей трактора і тягового опору сільгоспмашин, на основі яких можливе раціональне агрегатування сільськогосподарської техніки для різних умов функціонування.

Одним із способів розв'язання цієї актуальної проблеми є розроблення моделей і методів проведення теоретичних та експериментальних досліджень із визначення необхідних параметрів для ефективного використання та експлуатації ґрунтообробних агрегатів.

Ідея Д'Аламбера полягала в тому, щоб привести рівняння динаміки до простіших рівнянь статики, що означає приведення змішаної системи векторів (прискорень і сил) в однорідний векторний простір сил. Такий підхід дасть змогу в інженерній практиці значно спростити силовий аналіз складних механізмів (рис.1).

Між прискоренням і силовим чинником, що зумовлює його появу, є лінійний зв'язок (визначається аксіомою динаміки). Проте зв'язок між прискоренням і керуючим впливом нелінійний, оскільки в системі діють різні сили опору (сухого і в'язкого тертя, пружності та ін.). У системі управління мобільною машиною вхідними сигналами є поворот кермового колеса, вмикання зчеплення, перемикання передач, збільшення подачі пального, зміна зусилля на педалі гальма та ін. Крім того, вхідним сигналом для цієї системи є будь-який зовнішній вплив — зміна сили опору знаряддя, рельєф опорної поверхні, дія зовнішніх сил та ін.

Спостереження за динамікою мобільних сільськогосподарських агрегатів можливе за допомогою сучасних приладів — акселерометрів, які отримали широке розповсюдження в багатьох галузях народного господарства та сучасного комп'ютерного програмного забезпечення. Акселерометр вимірює прискорення або відповідно до другого закону Ньютона силу, яка зумовлює прискорення інерційної маси [8, 9].

Нині актуальним є питання створення мобільних реєстраційно-вимірювальних комплексів для оцінки параметрів руху мобільних машин під час динамічних і кваліметричних випробувань. Один із таких комплексів (рис. 2) для випробувань МСА розроблено на кафедрі тракторів і автомобілів Харківського національного технічного університету сільського господарства імені П. Василенка.

Проведення кваліметричних випробувань потребує застосування мобільних обчислювальних комплексів, які дають змогу без втручання в конструкцію здійснювати визначення її кінематичних і динамічних параметрів. Зазначимо, що потрібно забезпечувати вищий рівень випробувань, використовувати нові пристрої та прилади з широкими функціональними можливостями.

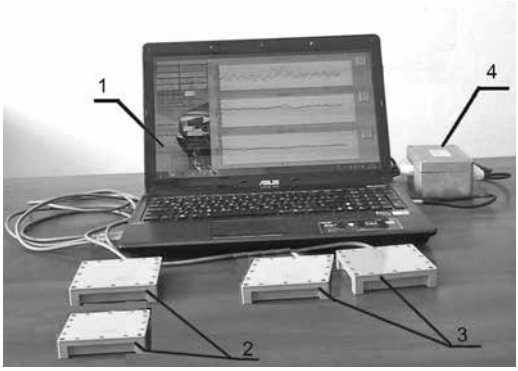

Рис. 2. Мобільний вимірювально-реєстраційний комплекс: 1 — PC з авторським програмним пакетом; 2, 3 — датчики прискорень MMA 7260QT; 4 — аналого-цифровий перетворювач сигналу тензоланки

Кожна мобільна машина робить 3 поступальних рухи щодо координатних осей, пов'язаних із мобільною машиною, системи координат із початком у центрі маси і 3 обертальних рухи навколо цих осей. Впливаючи на органи управління, механізатор може змінювати рух МСА лише вздовж поздовжньої і бічної осей системи координат. Рух у напрямі вертикальної осі не піддається управлінню і залежить тільки від профілю поверхні та вертикальних коливань агрегату. З 3-х кутових переміщень лише кут повороту поздовжньої осі може змінюватися в результаті дій механізатора або системи керування. Отже, керованими є лише параметри, що характеризують плоскопаралельний рух. Лінійний зв'язок між вхідними та вихідними параметрами механічної системи найкращий з позиції керованості. Для його отримання слід забезпечити відповідний технічний рівень і стабільність параметрів системи.

Щоб визначити параметри плоскопаралельного руху агрегату, потрібна установка двох 3-координатних датчиків прискорень. Алгоритм роботи датчиків-акселерометрів у складі вимірювально-реєстраційного комплексу наведено на рис. 3. Похибка таких вимірювань складається лише з похибки прямих вимірювань, тобто вимірювання лінійних прискорень (для акселерометрів MMA7260QT — 1%) і координат розташування акселерометрів щодо поздовжньої осі МСА[10].

Спостерігаючи за поведінкою агрегату в режимі реального часу, такий вимірювальний

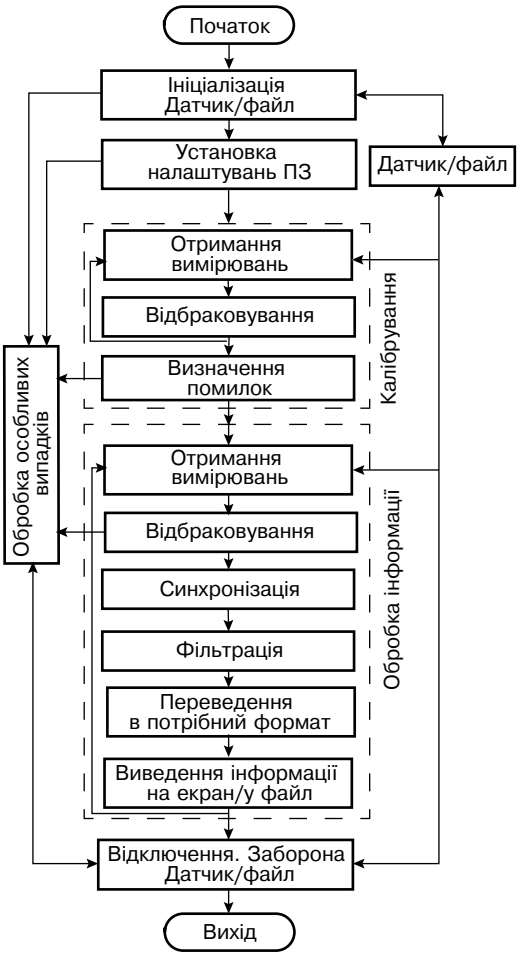

Рис. 3. Алгоритм роботи вимірювально-реєстраційного комплексу

комплекс дає можливість спрогнозувати з великою точністю, які відбудуться зміни в управлінні зі зміною потужності двигуна, опору сільськогосподарського знаряддя, маси, перерозподілу центра ваги та ін.

Завдяки використанню нових методів для дослідження динаміки агрегатів на основі науково обґрунтованих теоретичних і експериментальних результатів за рахунок зменшення витрат на комплектацію, зниження динамічних навантажень на агрегат, поліпшення керованості та стійкості роботи можна забезпечити зменшення витрат на пально-мастильні матеріали, підвищення врожайності та зменшення собівартості сільськогосподарської продукції.

Висновки

Розроблений вимірювально-реєстраційний комплекс і моделювання парціальних прискорень дає змогу проводити динамічні та кваліметричні випробування МСА у період експлуатації без втручання в конструкцію агрегату.

Технологічну та енергетичну частини МСА можна вдосконалювати відповідно до потреб кожної з них, уникаючи протиріччя між ними й поліпшуючи загальні показники трактора та агрегату.

Це допомагає розв'язати важливу для теорії та практики проблему підвищення ефективності використання сільськогосподарських агрегатів.

Бібліографія

1. *Лебедєв А.Т.* Трактор їде у завтра/А.Т. Лебедєв, М.Г. Макаренко//Агробізнес сьогодні. Інф.-аналіт. вид. — 2013. — № 15–16(262–263). — С. 64–67.

2. *Трепененков И.И.* Эксплуатационные показатели сельскохозяйственных тракторов/И.И. Трепененков. — М.: Машгиз, 1963. — 271 с.

3. *Выбор* рациональной схемы агрегатирования мобильного энергетического средства с плугом/ Г.М. Кутьков, Е.В. Габай, В.И. Калиновский и др.// Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 1990. — № 3. — С. 21–23.

4. *Адамчук В.В.* Пріоритетні напрями створення сучасної сільськогосподарської техніки/ В.В. Адамчук, В.М. Булгаков//Вісн. аграр. науки. — 2014. — № 5. — С. 5–11.

5. *Надикто В.* Кроки до вітчизняного МТА/В.Т. Надикто//TheUkrainian Farmer. — 2013. — № 8(45). — С. 22–24.

6. *Tayanowskiy G.* Tractor vibration dynamics evaluation in an aspect of the possibility of coupling and of loading its driving axle/G. Tayanowskiy, W. Tanaś// MOTROL. — 2006. — 8A. — P. 271–279.

7. *Метод* парциальных ускорений и его приложения в динамике мобильных машин: монография/Н.П. Артемов, А.Т. Лебедев, М.А. Подригало и др.; под ред. М.А. Подригало. — Х.: Міськдрук, 2012. — 220 с.

8. *Клец Д.М.* Применение акселераторов в качестве элементов контрольно-измерительной системы автомобиля/Д.М. Клец//Вісн. СНУ ім. В. Даля. — 2012. — № 9(180) — С. 48–54.

9. *Federal* Motor Vekicle Safety Standasd №126 «Electronic Stability Control Systems», Office of Regulatory Analysis and Evalution, National Center for Statystics and Analysis. — 2006. — 142 p.

10. *Electronic* stability control systems: ECE/TRANS/ 180/Add 8 — [Введены в глобальный реестр 2008-06-26]. — Geneva: Global Registry. United Nations. — 2008. — 116 p.

Надійшла 10.02.2016.