

УДК 631.3

©М.Л. Шуляк, к.т.н.

Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П.Василенка

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ПІДТВЕРДЖЕННЯ АЛГОРИТМУ КЕРУВАННЯ РЕЖИМАМИ РОБОТИ ТРАНСПОРТНОГО АГРЕГАТУ**

*В статті розглянуто можливість застосування алгоритму керування режимами роботи транспортного агрегату, що базується на використанні області функціонування апроксимованої поверхнею другого порядку*

### **ТРАНСПОРТНИЙ АГРЕГАТ, ФУНКЦІОНАЛЬНА СТАБІЛЬНІСТЬ, ПРИСКОРЕННЯ, РЕЖИМИ РОБОТИ.**

**Постановка проблеми.** Необхідність проведення оцінки функціонування транспортного агрегату (ТА) є однією з важливих задач сучасної науки. З великою ймовірністю можливо стверджувати що, як тягова концепція трактора, так і методи оцінки тягово-динамічних і економічних властивостей потребують змін в умовах сучасного тракторобудування. Звичайні тягові випробування не дають можливості оцінити потенційні можливості тракторів та врахувати вплив обраного режиму роботи на функціональну стабільність ТА.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Відомо, що будь-які коливання швидкості призводять до додаткової витрати енергії машини. Однак у відомій літературі [1, 2], присвяченій енергетичній ефективності транспортно-тягових машин, дослідженню зазначеного питання не приділено належної уваги. Для вирішення завдання – оцінки ефективності режиму роботи агрегату в роботі [3] запропоновано застосувати область функціонування, що задається радіус-вектором повного прискорення ТА. В роботі [4] для аналізу заявленої області запропоновано використати алгоритм, що дозволяє обирати режими роботи ТА, в залежності від збурюючі чинників середовища.

**Мета дослідження.** Експериментально підтвердити можливість застосування алгоритму керування режимами роботи ТА.

**Результати дослідження.** Вибору раціонального режиму функціонування є досить актуальним напрямком сучасної науки, бо саме зниження собівартості продукції рослинництва підвищує конкурентно-спроможність агрофірми, чи підприємства, що для

сучасного ринку України є необхідною складовою стабільної та прибуткової роботи.

Цьому питанню в науковій літературі присвячено багато робіт, проте практичне вирішення питання, в останні роки, ускладнюється переорієнтацією більшості виробників сільськогосподарської продукції до використання тракторів та сільгоспмашин закордонних виробників. Застосування нових технологій вирощування, збирання та транспортування продукції рослинництва призводить до необхідності змінювати підходи до вибору режимів роботи трактора та методів його оцінки. Аналітична програма є частиною системи керування режимами роботи ТА, яка забезпечує його функціональну стабільність та спрямовує в оптимальну область (рис. 1.).

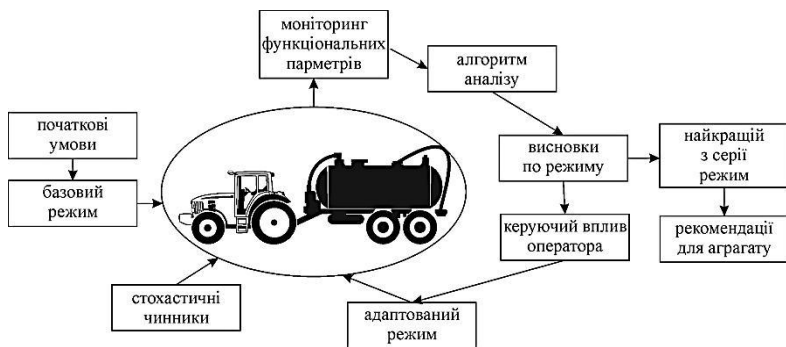


Рис.1 – Алгоритм роботи системи керування режимами роботи

Для реалізації алгоритму керування режимами роботи ТА використовуємо реєстраційно-керуючий комплекс та вбудований алгоритм аналізу. Об'єкт експериментального дослідження МТЗ – 80 на агрофоні поле під посів.

Для вирішення поставленої задачі необхідно експериментально підтвердити залежність між розмахом коливань повного прискорення трактора та режимом роботи його двигуна. Тому використовуючи навантажувальний пристрій ( другий трактор Т – 150К) зімітуємо різне навантаження двигуна на обраній передачі трансмісії.

- 1) недовантаження двигуна;
- 2) перевантаження;
- 3) номінальний режим роботи.

Обґрунтовано, що раціональному режиму роботи трактора повинні відповідати найменші динамічні втрати агрегату [4]. Тобто

алгоритм керування повинен обрати третю серію експериментів як найкращу з позиції енергозбереження бо завантаження двигуна близько до номінального значення. Проаналізуємо динамічні характеристики МТЗ – 80 при недовантаженні двигуна. Повне прискорення центра мас агрегату спроектовано на основні координатні вісі та отримано статистичний розподіл проекцій. Встановлено, що в діапазон мінімальних втрат [4] для вісі  $x$  потрапляє 39,5 % проекцій, для вісі  $y$  – 35 %, для  $z$  – 37 %. Амплітуда коливань прискорення велика тому функціонування агрегату не сконцентровано в сфері мінімальних втрат енергії.

Режим недовантаження двигуна виникає при невірному агрегуванні, використанні машин змінної маси, чи зумовлений специфікою технологічної операції. Він характеризується відносно малим значенням тягового опору, як наслідок коливання крутного моменту двигуна не демпфуються і викликають коливання швидкості та прискорення агрегату.

Динамічні характеристики МТЗ – 80 при перевантаженні двигуна Режим перевантаження двигуна, також може бути викликаний не вірним агрегуванням, проте на відміну від недовантаження є аварійним, і його недоцільно використовувати, бо техніко-економічні показники роботи агрегату та його надійність різко знизяться. Цей режим характеризується великим значенням сили опору, переходом двигуна на коректорну роботу та значним буксуванням рушіїв в наслідок перевищення тягової сили по двигуну, можливостей трактора та опорної поверхні по зчепленню. Встановлено, що в діапазон мінімальних втрат для вісі  $x$  потрапляє 38,7 % проекцій, для вісі  $y$  – 26,8 %, для  $z$  – 36 %.

Динамічні характеристики МТЗ – 80 при номінальному завантаженні двигуна. Встановлено, що для режиму номінального завантаження двигуна в діапазон мінімальних втрат для вісі  $x$  потрапляє 52,2 % проекцій, для вісі  $y$  – 38,5 %, для  $z$  – 45,8 %.

Для застосування еліпсоїда функціонування необхідно провести статистичний аналіз вибірок значень проекцій.

Значення проекцій прискорення тракторного агрегату на вісь  $x$  зміщено в бік позитивних значень, наявність такого явища повинно викликати приріст швидкості, проте цього не відбувається, бо сила, яка формує прискорення, компенсується збільшенням буксування рушіїв. Наявність позитивного прискорення викликає додаткові втрати енергії і в подальшому повинно бути зменшено вибором режиму чи конструкційними змінами.

Аналізуючи розподіл по осі ординат можна спостерігати прояв бічного відведення агрегату, що виникає, як від дії самого оператора (вплив на рульове керування), так і від стохастичних збурюючі чинників. Знизити додаткові витрати енергії може раціональне компоновання МТА, засноване на співвідношенні мас трактора і сили бічного відведення та використанням автоматичних систем керування траєкторією руху.

Розподіл частот по осі аплікат рівномірно щодо нуля, що свідчить про рівність прикладених до системи сил, що знаходяться в протифазі одна до іншої. Основним джерелом, що викликає коливання агрегату по осі аплікат, є профіль дороги. Крива, що задає це коливання, може базуватися на аналізі проекцій прискорення і повинна розглядатись як одна конкретна реалізація випадкової функції, незалежна від початку відліку часу, тобто повинна описувати стаціонарний випадковий процес. Також слід звернути увагу, що для режиму перевантаження властиві найбільші значення вертикального прискорення, це викликано інтенсивною зміною динамічного радіусу рушії, чи галопуванням трактора.

На основі статистичної обробки будуємо еліпсоїд функціонування для режимів, що аналізуються рис. 2.

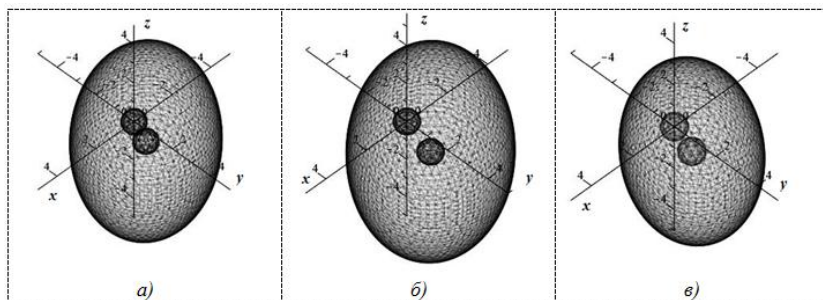


Рис. 2 – Еліпсоїд функціонування тракторного агрегату а) режим недовантаження двигуна, б) режим перевантаження двигуна, в) номінальний режим

Послідовність запропонована в алгоритмі потребує встановлення допустимої області зсуву дійсного ядра, проте для невеликої кількості режимів достатньо проаналізувати математичні очікування вибірки – найгіршим є режим перевантаження, його дійсне ядро знаходиться за межами допустимої області рис. 3.

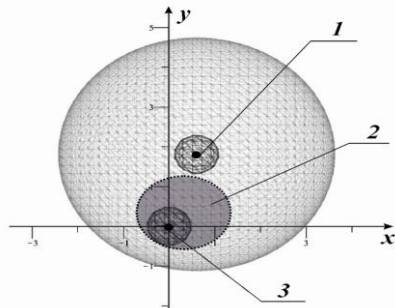


Рис. 3 – Зсув дійсного ядра режиму перевантаження: 1) дійсне ядро, б) ідеальне ядро, в) допустима область (ДО)

Далі використовуючи рівняння:

$$vol \mathcal{E}_k \supseteq \iiint_T \begin{cases} x = M_x + (a_{x\max} - M_x) \cdot \sin \psi \cos \varphi, \\ y = M_y + (a_{y\max} - M_y) \cdot \sin \psi \sin \varphi, \\ z = M_z + (a_{z\max} - M_z) \cdot \cos \varphi, \end{cases} \quad (1)$$

де  $M_x, M_y, M_z$  – математичні очікування компонент вектора повного прискорення для відповідної вісі;  $a_{x\max}, a_{y\max}, a_{z\max}$  – максимальні значення компоненти, знаходяться на основі середньоквадратичного відхилення;  $\varphi, \psi$  – кути, що змінюються в визначених межах  $-\pi/2 \leq \varphi \leq \pi/2$ ;  $0 \leq \psi < 2\pi$ .

Знайдемо об'єм  $vol \mathcal{E}_k \supseteq$  кожного з еліпсоїдів (рис. 2): режим недовантаження  $vol \mathcal{E}_k \supseteq = 147,2$ , режим перевантаження  $vol \mathcal{E}_k \supseteq = 183,5$ , номінальний режим  $vol \mathcal{E}_k \supseteq = 97,76$ . Тобто алгоритм керування обрав номінальний режим як найкращий за двома критеріями оцінки: об'єм еліпсоїда функціонування для номінального режиму в 1,5 та 1,8 рази менший ніж відповідні еліпсоїди режимів недовантаження та перевантаження; питомої вага ядра [4] також підтверджує номінальний режим як найкращий з серії.

**Висновки.** Запропонована методології вибору раціонального режиму функціонування отримала експериментальне підтвердження та може бути використана для оптимального управління трактором в області функціонування. Також слід звернути увагу, що

запропонований алгоритм дозволив відсіяти найгірший режим – перевантаження майже на першій стадії аналізу, а номінальний домінує в 1,5 рази над режимом недовантаження, як по об'єму так, і по питомій вазі ядра еліпсоїда. Це дозволяє констатувати, що застосування даного алгоритму не поступається в точності класичній методиці, а й навіть переважає її по детальності аналізу.

### **Література**

1. Говорущенко Н.Я. Экономия топлива и снижение токсичности на автомобильном транспорте / Н.Я. Гворущенко. – М.: Транспорт, 1990. – 135 с.
2. Гащук П.Н. Энергетическая эффективность автомобиля / П.Н. Гащук. – Львов: Свит, 1992. – 208 с.
3. Шуляк М.Л. Оцінка функціонування сільськогосподарського агрегату за динамічними критеріями / М.Л. Шуляк, А.Т. Лебедєв, М.П. Артёмов, Є.І. Калінін // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів – 2016. – № 4. – С. 218 – 226.
4. Шуляк М.Л. Вибір раціонального режиму роботи МТА на основі аналізу еліпсоїда функціонування / М.Л. Шуляк // Інженерія природо користування – 2016. – № 2 (6). – С. 99 – 104.

*Рецензент д.т.н. Лебедєв А.Т.*