

УДК 624621.01:531.01

Дослідження енергетичних параметрів функціонування багатоелементних машинно-тракторних агрегатів

Р.В. Антощенко, В.М. Антощенко

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
ім. П. Василенка (м. Харків, Україна), roman.tiaxntusg@gmail.com*

В роботі пропонується обґрунтування методу дослідження енергетичних параметрів функціонування багатоелементних машинно-тракторних агрегатів довірливих структур. Досліджені енергетичні показники ефективності функціонування МТА. Запропоновано визначення прямих та непрямих витрати енергії, що безпосередньо пов'язані з виконанням сільськогосподарських робіт. Визначення прямих та непрямих витрат енергії при виконанні робіт виробництва продукції рослинництва дозволяє енергетична оцінка, що проводиться з метою визначення балансу потужності та правильності вибору енергетичного засобу для с.-г. машини або визначення тягової характеристики для трактора. Сукупні енергетичні витрати при використанні МТА складаються з прямих витрат витраченого пального та живої праці, а також непрямих витрат, що відбувається в машинах, енерговитрат на ремонт та обслуговування агрегату. Одним з основних показників ефективності реалізації механізованих процесів у рослинництві є величина витрат енергії на одержання продукції. Енерговитрати на технологічний процес основної обробки ґрунту (оранка, дискування, боронування) дорівнюють сумі питомих енерговитрат на окремих операціях. За енергетичний критерій ефективності виробництва продукції по різних технологіях прийнято використовувати мінімум сумарних енерговитрат виробництва продукції або мінімум питомих енерговитрат. Елементи МТА такі як двигун, трансмісія, рушії та сільськогосподарські машини мають різноманітну структуру та способи з'єднання та відповідно передачу і витрату енергії, тому вони розглядались, як об'єкти що витрачають енергію та мають математичний опис цих витрат. Розглядались найбільш поширені способи з'єднання математичних моделей елементів МТА: паралельне з'єднання, послідовне та з'єднання зі зворотнім зв'язком. Розраховані витрати енергії на функціонування згідно до запропонованої методики на прикладі трактору John Deere 8345R, бункеру для посівного матеріалу John Deere 1910 та сівалки John Deere 1895.

Ключові слова: енергетичні параметри, машинно-тракторний агрегат, функціонування, методика.

Вступ. Освоєння енергозберігаючих технологій виробництва продукції рослинництва є одним з пріоритетних напрямів розвитку машино-технологічної сфери АПК. При цьому першочерговими за актуальністю задачами є розробка методів енергетичної оцінки технологій та зниження енерговитрат МТА [1 - 5].

Підвищення енергетичної ефективності сільськогосподарської техніки та агрегатів являється складною задачею через багатоступінчастість її структури та великої кількості керованих й некерованих показників, що впливають на процес функціонування [6]. Основне джерело енергії, перетвореної тракторним двигуном у механічну, є паливо. Електрична енергія тільки починає застосовуватися в польових механізованих процесах. Використання твердого палива в мобільних машинах практично припинилося. Газоподібне паливо, особливо висококалорійне, може успішно застосовуватися в тракторних двигунах, однак доставка та зберігання його значне складніше рідкого палива. Внаслідок цього в механізо-

ваному землеробстві в цей час і на найближчу перспективу основним джерелом енергії МТА залишаються двигуни внутрішнього згоряння, що працюють на рідкому моторному паливі.

В цей час паливо є не тільки основним джерелом енергії МТА, але й значною мірою визначає собівартість одиниці виконаної роботи. Залежно від типу застосовуваних агрегатів, виду виконуваних ними процесів у структурі собівартості польових робіт частка витрат на паливо становить 15 - 25%.

Тому, вивчаючи взаємозв'язок кількості витрати палива з параметрами, режимами роботи МТА, умовами їх експлуатації, потрібно акцентувати увагу на зв'язках, факторах, що визначають збільшення витрати палива в одиницю часу роботи агрегату на одиницю його продуктивності.

Аналіз основних публікацій, досліджень. Визначення прямих та непрямих витрат енергії при виконанні робіт виробництва продукції рослинництва дозволяє енергетична оцінка, що проводиться з метою визначення балансу поту-

жності та правильності вибору енергетичного засобу для с.-г. машини або визначення тягової характеристики для трактора [7].

Підлягають енергетичній оцінці дослідні зразки навісних, напівнавісних і причіпних с.-г. машин і знарядь в агрегаті з тракторами. самохідними шасі, а також самохідні машини, що забезпечують виконання робочого процесу, або дослідні зразки машин з приводом від двигуна внутрішнього згоряння або від електродвигуна.

Аналіз енергетичних засобів і умов їх роботи показав, що в основному в господарстві доцільніше використовувати трактори марки К-701, ДТ-175М, ДТ-75, Т-150 К та МТЗ-80. Раціональне агрегування та ефективне використання енергоємного трактора в складі МТА дозволяє підвищити продуктивність праці в 1,3 - 2 рази в порівнянні з іншими марками менш енергонасичених тракторів [8].

В монографії [9] запропонований комплексний показник ефективності використання МТА – енергетичний ККД. У МТА, використовуваних у рослинництві, енергетичний ККД перебуває в межах 0,04 - 0,16. Значить тільки 4 - 16 % енергії спаленого двигунами палива витрачається на корисну роботу, а більша частина енергії губиться безповоротно.

Цугленок Н.В. та Журавлев С.Ю. [10] пропонують структуру енергетичних витрат на виробництво продукції рослинництва, що має три основні складові: екологічну енергію, антропогенну енергію, енергію живлення ґрунту. Вони вважають, що ефективне використання системи машин при виконанні технологічних операцій відноситься до другої складової енергетичних витрат. Енерговитрати на використання МТА, в свою чергу, визначаються двома складовими: основні прямі паливо-енергетичні витрати та енерговитрати обумовлені недотриманням оптимальних параметрів та режимів роботи агрегатів. Це підтверджує необхідність створення заходів ефективного виробництва та контролю роботи МТА.

Метою даної роботи є обґрунтування методу дослідження енергетичних параметрів функціонування багатоелементних машинно-тракторних агрегатів довільних структур.

Вирішення задачі. Дослідження енергетичних показників ефективності функціонування МТА потребують визначення енергетичних витрат [11], які можна поділити на прямі та непрямі [9, 12].

Прямі витрати енергії безпосередньо пов'язані з виконанням сільськогосподарських робіт. Сюди відносяться витрати енергії через працю людей, витрату палива та мастила, витрати електричної енергії, вугля, газу, дров для отримання тепла, що використовуються в процесі виробництва.

Непрямі витрати складаються з витрати енергії на виготовлення засобів виробництва: тракторів, автомобілів, сільськогосподарських машин, а також на виробництво добрив, засобів захисту рослин, посівного матеріалу.

Сукупні енергетичні витрати при використанні МТА складаються з прямих витрат витраченого пального та живої праці, а також непрямих витрат, що відбувається в машинах, енерговитрат на ремонт та обслуговування агрегату [9]:

$$E_c = E_T + E_{ж} + E_з + E_m + E_{сц}, \quad (1)$$

де E_T – сумарні енергетичні витрати палива, МДж; $E_{ж}$ – сумарні енергетичні живої праці, МДж; $E_з$, E_m , $E_{сц}$ – енерговитрати праці при експлуатації МТА, робочої машини та зчіпки, МДж.

Для порівняння однотипних по технологічному призначенню агрегатів їх енергетичну оцінку доцільно проводити по питомим енерговитратам:

$$E_{сп} = E_{ст} + \frac{E_{ж} + E_з + E_m + E_{сц}}{W_2}, \quad (2)$$

де $E_{сп}$ – питомі сукупні енерговитрати, МДж; $E_{ст}$ – питомі енерговитрати палива, МДж; W_2 – годинна продуктивність, га/г.

Одним з основних показників ефективності реалізації механізованих процесів у рослинництві є величина витрат енергії на одержання продукції. Формування енерговитрат іде в певній послідовності:

– енерговитрати при роботі МТА в одиницю часу – МДж/год;

– енерговитрати агрегату на одиницю виконаної роботи – питомі енерговитратні, МДж/га (МДж/ум.ет.га та ін.);

– енерговитрати на технологічний процес виробництва продукції – сукупність питомих енерговитрат на технологічних операціях.

Енерговитрати на технологічний процес основної обробки ґрунту (оранка, дискування, боронування) дорівнюють сумі питомих енерговитрат на окремих операціях:

$$E_{т.пр} = \sum_{i=1}^n E_{т.о.i}, \text{ МДж/га.} \quad (3)$$

Загальні енерговитратні на виробництво продукції рівні добутку енерговитрат по окремих технологічних операціях на площу обробки та збирання сільськогосподарських культур:

$$E_{о.пр} = \sum_{i=1}^n E_{т.о.i} F, \text{ МДж,} \quad (4)$$

де $E_{т.о.i}$ – питомі енерговитратні на i -ту техно-

логічну операцію, МДж/га; F – площа обробки сільськогосподарської культури, га.

У підсумку, знаючи загальні енерговитратні виробництва продукції певного виду (зерно, картопля, сінаж та ін.) й їх кількість розраховують питомі енерговитратні на виробництво продукції:

$$E_{п.пр} = \frac{E_{о.пр}}{Q_{пр}}, \text{ МДж/кг} \quad (5)$$

де $Q_{пр}$ – кількість виробленої продукції в тонах, центнерах і ін..

За енергетичний критерій ефективності виробництва продукції по різних технологіях приймаємо мінімум сумарних енерговитрат виробництва продукції $E_{о.пр} \rightarrow \min$ або мінімум питомих енерговитрат – $E_{п.пр} \rightarrow \min$.

Повні питомі енерговитрати E_0 дорівнюють потенційної енергії палива, витраченого двигуном трактора (самохідної машини). Вони являють собою загальну кількість механічної енергії, що витрачається на один гектар у заданому технологічному процесі:

$$E_0 = g_{га} Q_n, \text{ МДж/га.} \quad (6)$$

При необхідності розрахунків енерговитрат у кіловат-годинах виходять із співвідношення $1 \text{ кВт} \cdot \text{г} = 3,6 \cdot 10^3 \text{ кДж} = 3,6 \text{ МДж}$.

При роботі МТА не вся енергія спаленого двигуном палива йде на створення ефективної потужності на його маховику. Питомі енерговитрати на створення ефективної потужності на маховику двигуна називаються **ефективними питомими енерговитратами** (E_e). Оскільки енергетична ефективність двигунів оцінюється ефективним ККД η_e , то ефективні питомі енерговитратні при роботі МТА визначаються за формулою:

$$E_e = E_0 \eta_e = g_e Q_n \eta_e, \text{ кДж/га.} \quad (7)$$

В експлуатаційних умовах роботи МТА можна розглядати як динамічну систему (об'єкт в цілому) (рис. 1) на вхід якої діють вектор керування та вхідних умов $\vec{U} = \{u_1, u_2, \dots, u_i\}$ та вектор збурюючого впливу $\vec{v} = \{v_1, v_2, \dots, v_k\}$; на виході динамічної системи маємо вектор вихідних параметрів $\vec{Y} = \{y_1, y_2, \dots, y_m\}$. Кількість i вхідних, k збурюючих та m вихідних параметрів функціонування залежить від типу агрегату, обраної розрахункової схеми, кількості врахованих умов роботи агрегату та інших факторів [13].

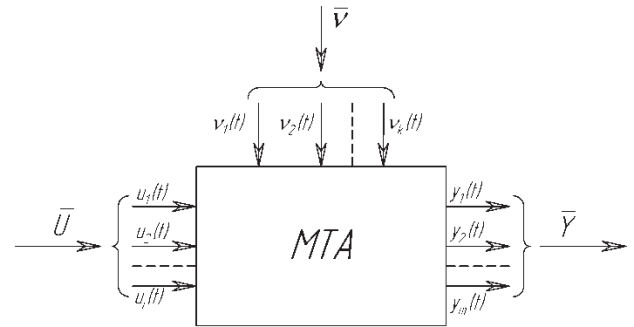


Рис. 1. Динамічна модель сільськогосподарського агрегату: \vec{U} – вектор вхідних умов та параметрів керування; \vec{v} – вектор збурюючого впливу; \vec{Y} – вектор вихідних параметрів

Комбіновані сільськогосподарські агрегати та їх комплекси є складними динамічними системами, що складаються з окремих складальних одиниць і елементів з різними зв'язками, динамічні властивості яких визначаються відповідними характеристиками.

Представимо елемент машинно-тракторного агрегату, як математичну модель об'єкту в змінних стану, що складається з двох рівнянь [14]:

- рівняння стану;
- рівняння виходу.

Рівняння стану елементу машинно-тракторного агрегату, як лінійного багатовимірного об'єкту у виді векторних диференціальних рівнянь в формі Коші мають вид:

$$\dot{\mathbf{X}}(t) = \mathbf{A} \cdot \mathbf{X}(t) + \mathbf{B} \cdot \mathbf{U}(t) + \mathbf{v}(t), \quad (8)$$

де $\mathbf{X}(t) = [x_i(t)]_{n \times 1}$ – вектор стану; $\mathbf{U}(t) = [u_j(t)]_{m \times 1}$ – вектор керування; $\mathbf{v}(t) = [v_i(t)]_{n \times 1}$ – вектор збурень, що діють на об'єкт; $\mathbf{A} = [a_{ij}]_{n \times n}$, $\mathbf{B} = [b_{ij}]_{n \times m}$ – матриці коефіцієнтів, що визначаються параметрами об'єкту.

Матриці коефіцієнтів \mathbf{A} та \mathbf{B} для $n \times m$ параметрів керування і стану мають вид:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1m} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{m1} & b_{m2} & \dots & b_{mm} \end{bmatrix}.$$

Векторному диференціальному рівнянню (8) відповідає система n скалярних диференціальних рівнянь першого порядку:

$$\dot{x}_i(t) = \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j(t) + \sum_{j=1}^m b_{ij} u_j(t) + v_i(t), \quad (9)$$

де $i = 1, 2, \dots, n$.

$$Y = (D_2 \cdot C_1 \ C_2) \cdot \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix} + (D_1 \ D_2) \cdot \begin{pmatrix} U_1 \\ U_2 \end{pmatrix}.$$

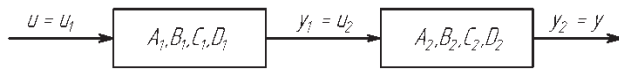


Рис. 3. Послідовне з'єднання математичних моделей елементів МТА

Одним з випадків з'єднання елементів є **системи зі зворотнім зв'язком**.

Дана система, схема якої наведена на рис. 4, може бути представлена у вигляді системи рівнянь:

$$\begin{cases} \dot{X}_1 = A_1 X_1 + B_1 \cdot (U \pm Y_2); \\ Y_1 = C_1 X_1 + D_1 \cdot (U \pm Y_2); \\ \dot{X}_2 = A_2 X_2 + B_2 Y_1; \\ Y_2 = C_2 X_2 + D_2 Y_1, \end{cases} \quad (18)$$

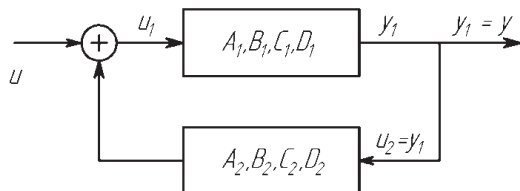


Рис. 4. З'єднання математичних моделей елементів МТА зі зворотнім зв'язком

так як підсистеми з'єднані зворотнім зв'язком то підставивши вираз y_1 в (18) та вирішивши відносно y_2 отримаємо:

$$\begin{cases} \dot{X} = AX + BU; \\ Y = CX + DU, \end{cases} \quad (19)$$

$$\text{де } A = \begin{bmatrix} A_1 \pm \frac{B_1 D_2 C_1}{1 \mp D_1 D_2} & \pm \frac{B_1 C_2}{1 \mp D_1 D_2} \\ B_2 C_1 \pm \frac{B_2 D_1 D_2 C_1}{1 \mp D_1 D_2} & A_2 \pm \frac{B_2 D_1 C_2}{1 \mp D_1 D_2} \end{bmatrix};$$

$$B = \begin{bmatrix} B_1 \pm \frac{B_1 D_1 D_2}{1 \mp D_1 D_2} \\ B_2 D_1 \pm \frac{B_2 D_1 D_1 D_2}{1 \mp D_1 D_2} \end{bmatrix};$$

$$C = \begin{bmatrix} C_1 \pm \frac{D_1 D_2 C_1}{1 \mp D_1 D_2} & \pm \frac{D_1 C_2}{1 \mp D_1 D_2} \end{bmatrix};$$

$$D = D_1 \pm \frac{D_1 D_1 D_2}{1 \mp D_1 D_2}.$$

Запропонована методологія визначення енергетичних параметрів функціонування МТА

за допомогою опису елементів систем у вигляді рівнянь простору стану дозволяє гнучке формування систем рівнянь при зміні складу та послідовності елементів багатоеlementного досліджуваного агрегату.

Розрахуємо витрати енергії на функціонування згідно до методики (8-19) на прикладі трактору John Deere 8345R, бункеру для посівного матеріалу John Deere 1910 та сівалки John Deere 1895 (рис. 6-8).

Енергія необхідна для функціонування МТА наведена на рис. 5. Особливою умовою проведення дослідження є рух МТА по синусоїді під час проведення експериментальних досліджень.

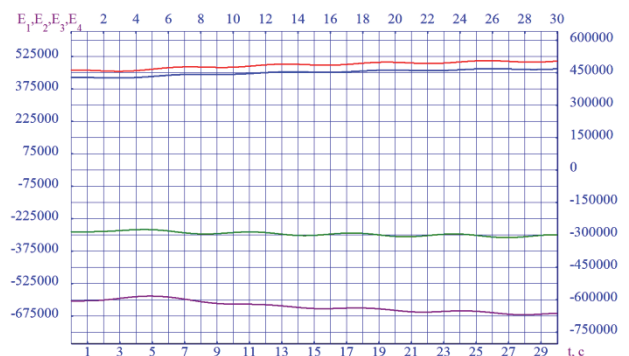


Рис. 5. Енергія необхідна для функціонування МТА (John Deere 8345R + John Deere 1910 + John Deere 1895)

Найбільша енергія витрачається на пересування сівалки у робочому стані (при сівбі) $E_c = 6,75 \cdot 10^5$ Дж, найнижча для бункеру з насіннєвим матеріалом $E_b = 3,05 \cdot 10^5$ Дж.

Під час руху МТА розрахуємо енергію, що витрачається колесами трактору для створення необхідної рушійної сили (рис. 6).

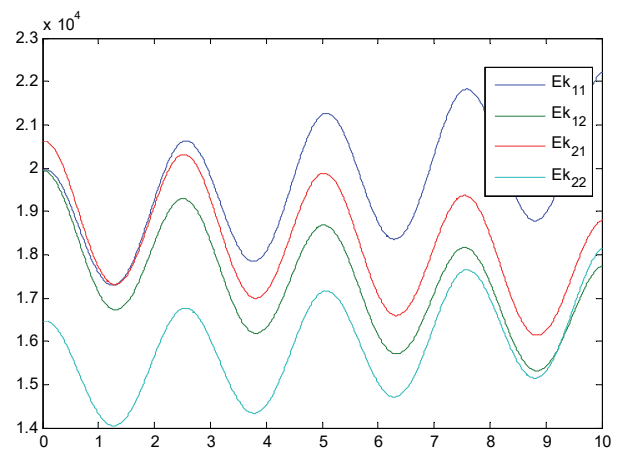


Рис. 6. Енергія, що витрачається колесами трактору для створення необхідної рушійної сили

Відхилення остову трактору від прямолінійної траєкторії руху спричиняє зміну витрати енергії рушіями для створення рушійної сили з періодом $T = 3$ с.

Хімічна енергія, що збережена в паливі та витрачається двигуном трактору (рис. 7) змінюється за гармонійним законом з амплітудою $A = 0,0001$ МДж та періодом $T = 3$ с.

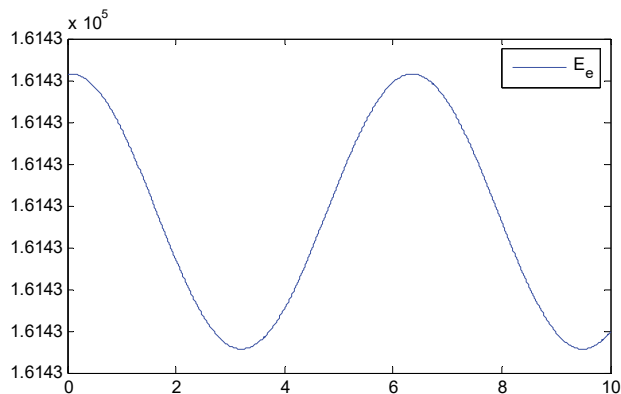


Рис. 7. Енергія необхідна для функціонування МТА

Запропонована методика дослідження енергетичних параметрів функціонування багатоелементних машинно-тракторних агрегатів дозволила визначити енергетичні витрати в окремому елементі машинно-тракторного агрегату з урахуванням структури та з'єднання для довільної кількості елементів. На прикладі ґрунтообробно-посівного агрегату в складі трактору John Deere 8345R, бункеру для посівного матеріалу John Deere 1910 та сівалки John Deere 1895 розраховані необхідні кількості енергії для функціонування та виконання сівби.

Висновки.

1. В роботі запропонована методика дослідження енергетичних параметрів функціонування багатоелементних машинно-тракторних агрегатів, що дозволяє визначити енергетичні витрати в окремому елементі машинно-тракторного агрегату з урахуванням структури та з'єднання для довільної кількості елементів.

2. Обґрунтовано визначення прямих витрат енергії, що безпосередньо пов'язані з виконанням сільськогосподарських робіт. Також запропоновано визначення непрямих витрат, які складаються з витрати енергії на виготовлення засобів виробництва: тракторів, автомобілів, сільськогосподарських машин, а також на виробництво добрив, засобів захисту рослин, посівного матеріалу.

3. Елементи МТА такі як двигун, трансмісія, рушії та сільськогосподарські машини, що мають різноманітну структуру та способи з'єднання та відповідно передачу і витрату енергії, тому вони розглядались, як об'єкти що витрачають енергію та мають математичний опис цих витрат. Розглядались поширені способи з'єднання математичних моделей елементів МТА: паралельне з'єднання, послідовне та з'єднання зі зворотнім зв'язком.

4. На прикладі ґрунтообробно-посівного агрегату в складі трактору John Deere 8345R, бункеру для посівного матеріалу John Deere 1910 та сівалки John Deere 1895 розраховані необхідні кількості енергії для функціонування та виконання сівби.

Література

1. Погорельый Л.В. Повышение эксплуатационно-технологической эффективности сельскохозяйственной техники [Текст] / Л.В. Погорельый. – К.: Техника, 1990. – 176 с.

2. Никифоров А.Н. Методика энергетического анализа технологических процессов в сельскохозяйственном производстве [Текст] / Никифоров А.Н. и др. – М.: РИО ВИМ, 1995. – 95 с.

3. Севернев М.М. Методика энергетической оценки технологий и комплексов машин [Текст] / М.М. Севернев, В.А. Токарев. // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1986, №9. – С. 3 - 5.

4. Пастухов В.І. Обґрунтування оптимальних комплексів машин для механізації польових робіт: Автореферат дисертації докт. техн. наук: 05.05.11 [Текст] / ХНТУСГ ім. П. Василенка. – Харків, 2006. – 40 с.

5. Козаченко О. В. Проблеми ресурсозбереження у сільськогосподарських агрегатах: наукове видання [Текст] / Козаченко О.В. – Харків: Торнадо, 2008. – 272 с.

6. Хафизов К.А. Повышение эффективности функционирования машинно-тракторных агрегатов путем уменьшения энергозатрат и снижения потерь урожая: Автореферат дисертації докт. техн. наук: 05.20.01, 05.20.03 [Текст] / Казанский государственный аграрный университет. – Казань, 2007. – 22 с.

7. ГОСТ 52777-2007 Техника сельскохозяйственная. Методы энергетической оценки. – М.: Стандартинформ, 2007. – 12 с.

8. Русинов А.В. Агротехническая проходимость энергонасыщенных сельскохозяйственных тракторов: монография [Текст] / А.В. Русинов // Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2007. – 112с.

9. Плаксин А.М. Энергетика мобильных агрегатов в растениеводстве [Текст] / А.М. Плаксин. Челябинск, 2005. – 204 с.

10. Цугленок Н.В. Генетическое программирование энергетической эффективности функционирования машинно-тракторных агрегатов [Текст] / Н.В. Цугленок, С.Ю. Журавлев // Вестник КрасГАУ, 2013. – № 9. – С. 190 -197.

11. Fluck R.C. Energy analysis for agricultural systems In: R.C. Fluck (Editor), Energy in Farm Production [Text] / R.C. Fluck // Energy in world agriculture, 6. Elsevier, Amst. – P. 45 - 51.

12. Cavalaris C.C. Evaluation of tillage efficiency and energy requirements for five methods of soil preparation in the sugar beet crop [Text] / C.C. Cavalaris, T.A. Gemtos. / Proceedings of the EE&AE'2002 Conference– International Scientific Conference – 2002. – P. 172 -179.

13. Бурков Л.Н. Концепция общей теории сельхозмашин [Текст] / Л.Н. Бурков // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1998. – № 8. – С. 36.

14. Лукас В.А. Теория управления техническими системами, учебный курс для вузов, 3-е изд., перераб. и доп.: [Текст] /В.А. Лукас. – Екатеринбург: УГГГА, 2002. – 675 с.

15. Антощенко Р.В. До розробки математичної моделі нелінійної динаміки мобільних машин [Текст] / Р.В. Антощенко // Механізація сільськогосподарського виробництва: Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. – Х.: ХНТУСГ, 2014. – Вип. 148. – С. 268 - 272.

16. Олсон Г. Цифровые системы автоматизации и управления [Текст] / Г. Олсон, Д. Пиани – СПб.: Невский диалект, 2001. – 557 с.

17. Бесекерский В.А. Теория систем автоматического управления [Текст] / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов – 4-е изд., перераб. и доп. – СПб: Профессия, 2003. – 752 с.

18. Левцев А.П. Энергетический анализ динамических систем СХА [Текст] / А.П. Левцев, М.Н. Ерохин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2005. – № 7. – С. 19 - 21.

Аннотация

Исследование энергетических параметров функционирования многоэлементных машинно-тракторных агрегатов

Р.В. Антощенко, В.Н. Антощенко

В работе предлагается обоснование метода исследования энергетических параметров функционирования многоэлементных машинно-тракторных агрегатов произвольных структур. Исследованы энергетические показатели эффективности функционирования МТА. Предложено определение прямых и косвенных затраты энергии, которые непосредственно связаны с выполнением сельскохозяйственных работ. Определение прямых и косвенных затрат энергии при выполнении работ производства продукции растениеводства позволяет энергетическая оценка, проводимая с целью определения баланса мощности и правильности выбора энергетического средства для сельскохозяйственных машины или определения тяговой характеристики для трактора. Совокупные энергетические затраты при использовании МТА состоят из прямых затрат израсходованного горючего и живого труда, а также косвенных расходов, что происходит в машинах, энергозатрат на ремонт и обслуживание агрегата. Одним из основных показателей эффективности реализации механизированных процессов в растениеводстве является величина затрат энергии на получение продукции. Энергозатраты на технологический процесс основной обработки почвы (вспашка, дискование, боронование) равны сумме удельных энергозатрат на отдельных операциях. По энергетический критерий эффективности производства продукции по различным технологиям принято использовать минимум суммарных энергозатрат производства продукции или минимум удельных энергозатрат. Элементы МТА такие как двигатель, трансмиссия, двигатели и сельскохозяйственные машины имеют разнообразную структуру и способы соединения и соответственно передачу и расход энергии, поэтому они рассматривались как объекты тратящих энергию и имеют математическое описание этих потерь. Рассматривались наиболее распространенные способы соединения математических моделей элементов МТА: параллельное соединение, последовательное и соединение с обратной связью. Рассчитаны затраты энергии на функционирование в соответствии с предложенной методики на примере трактора John Deere 8345R, бункера для посевного материала John Deere 1910 и сеялки John Deere 1895.

Ключевые слова: энергетические параметры, машинно-тракторный агрегат, функционирование, методика.

Abstract

**Studying of energy operation parameters
of multiple elements machine-tractor units****R.V. Antoshchenkov, V.M. Antoshchenkov**

In article justification for a method of a research energy parameters of multielement aggregates functioning of machine and tractor of arbitrary structures have been offered. Energy performance indicators of functioning of MTA have been researched. Determination direct and indirect energy costs which are directly connected with accomplishment of agricultural works has been offered. Energy assessment allows to determine direct and indirect costs of energy in case of production performance plant-growing works. It is carried out for the purpose of balance capacity determination and correctness of the choice energy means for the farm vehicle or determination of the traction characteristic for the tractor. Total energy costs when using MTA consist of direct costs of the spent combustible and live labor. Also, they consist of indirect expenses that occurs in machines and energy costs on repair and servicing of the aggregate. One of the main performance indicators of mechanized implementation processes in plant-growing is the size of energy costs for product receipt. Energy costs on engineering procedure of the main handling of the soil (plowing, a disking, a harrowing) are equal to the amount of specific energy costs on individual work operation. The total minimum energy costs of production or minimum of specific energy costs can be used on energy criterion of production efficiency of products on various technologies. The engine, transmission, engines and farm vehicles are the MTA elements. They have various structure and methods of connection, transfer and power consumption therefore they have been considered as the objects spending energy. They have the mathematical description of these losses. The most widespread methods of connection mathematical models of the MTA elements were considered: parallel connection, consecutive and connection with feedback. Energy costs for functioning according to the offered technique on the example of the John Deere 8345R tractor, the bunker for the sowing material John Deere 1910 and a seeder of John Deere 1895 have been calculated.

Keywords: *energy parameters, machine-tractor aggregate, operation, method.*

Представлено від редакції: А.Т. Лебедєв / Presented on editorial: A.T. Lebedjev

Рецензент: М.П. Арт'омов / Reviewer: M.P. Art'omov

Подано до редакції / Received: 29.09.2016