

Математичні моделі та методи

УДК 631.17.002.5

В.М. Антощенко, Р.В. Антощенко

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

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ ПОТУЖНОСТІ, НЕОБХІДНОЇ ДЛЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО АГРЕГАТУ

В роботі розроблена математична модель визначення потужності, необхідної для функціонування сільськогосподарського агрегату при виконанні технологічного процесу виробництва сільськогосподарських культур.

Ключові слова: математична модель, потужність, сільськогосподарський агрегат.

Вступ

Виконання технологічних операцій сільськогосподарськими агрегатами при вирощуванні сільськогосподарських культур супроводжується великою витратою енергії. Велика кількість досліджень спрямовані на зменшення цих витрат. З появою сучасних комбінованих сільськогосподарських агрегатів питання визначення потужності, що споживає такий агрегат, потребує додаткового дослідження.

Аналіз основних публікацій, досліджень. Потужність, необхідна для функціонування сільськогосподарського агрегату, обґрунтована в роботі [1] та потребує визначення крутних моментів на колесах трактора. Існують декілька методик визначення рушійних сил. В дослідженнях Д.М. Мітропана [2] визначаються сили на колесах повнопривідного трактора при сталому повороті або при сталому русі. Виконана серія досліджень по визначенню сил [3, 4], в яких враховувались радіуси коліс у веденому режимі, уточнені формули для визначення динамічних радіусів коліс та коефіцієнти радіальної і тангенціальної еластичності пневматичних шин. Недоліком цих досліджень є те, що не враховуються динамічні складові при русі по криволінійним траєкторіям. Кутьковим Г.М. [5] визначались сили, що діють на рушії при довільній траєкторії руху для гусеничного трактора. В цій методиці враховано динамічні складові при русі по криволінійній траєкторії, але вона справедлива до енергетичного засобу з гусеничними рушіями.

Мета та постановка задачі. Метою даної роботи є визначення потужності, необхідної для функціонування сільськогосподарського агрегату при виконанні технологічних операцій на вирощуванні сільськогосподарських культур.

Розв'язання задачі

Дослідження руху сільськогосподарських агрегатів показали, що траєкторії руху його елементів знаходяться близько до синусоїдальних кривих [6].

Для визначення потужності, яка необхідна для функціонування сільськогосподарських агрегатів, необхідно визначити крутні моменти та оберти кожного ведучого колеса трактора. Такі агрегати можуть рухатися за довільними траєкторіями.

Складемо схему сил (рис. 1), що діють на першу та другу півраму трактору, для визначення повертаючих моментів та моментів опору повороту елементів трактору.

Диференційні рівняння руху першої та другої піврами трактора:

$$J_4\ddot{\varphi}_4 = M_{p4} - M_{c4}; \quad J_3\ddot{\varphi}_3 = M_{p3} - M_{c3}, \quad (1)$$

де M_{p3}, M_{p4} – повертаючий момент першої та другої піврами трактора; M_{c3}, M_{c4} – момент опору повороту першої та другої піврами трактора.

Повертаючі моменти піврам трактору:

$$M_{p3} = -J_3\ddot{\varphi}_3 + M_{c3} = -J_3\ddot{\varphi}_3 + r_3 C_{ш3}\varphi_3;$$

$$M_{p4} = J_4\ddot{\varphi}_4 + M_{c4} = -J_4\ddot{\varphi}_4 + r_4 C_{ш4}\varphi_4 + C_{зкм}(\varphi_4 - \varphi_3), \quad (2)$$

де r_3, r_4 – відстань між точкою з'єднання піврам трактора до їх центрів мас.

Моменти, що діють на півосі коліс:

$$M_{3п} = \frac{1}{2} r_{к3} \left(k_3 P_{кр} + \frac{4M_{p3}}{B_3} + W_3 \right);$$

$$M_{3л} = \frac{1}{2} r_{к3} \left(k_3 P_{кр} - \frac{4M_{p3}}{B_3} + W_3 \right);$$

$$M_{4п} = \frac{1}{2} r_{к4} \left(k_4 P_{кр} - \frac{4M_{p4}}{B_4} + W_4 \right); \quad (3)$$

$$M_{4л} = \frac{1}{2} r_{к4} \left(k_4 P_{кр} + \frac{4M_{p4}}{B_4} + W_4 \right),$$

де k_3, k_4 – коефіцієнт перерозподілу тягового опору між передньою та задньою піврамами трактора; B_3, B_4 – ширина колії передньої та задньою піврами трактора.

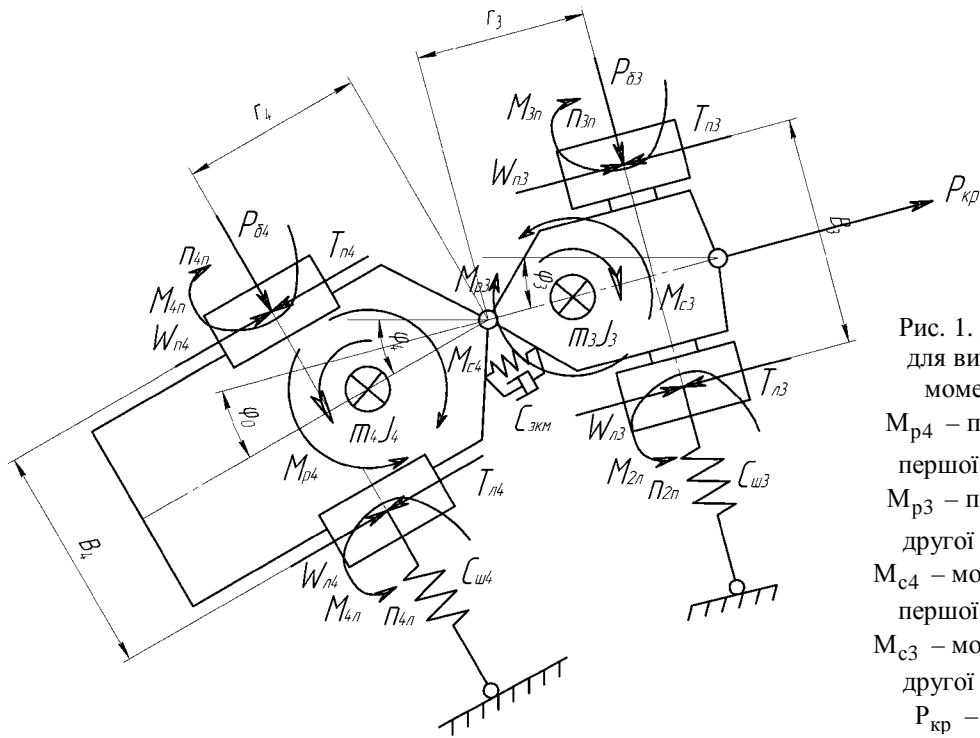


Рис. 1. Динамічна модель для визначення крутних моментів на колесах:
 M_{p4} – повертаючий момент першої піврами трактора;
 M_{p3} – повертаючий момент другої піврами трактора;
 M_{c4} – момент опору повороту першої піврами трактора;
 M_{c3} – момент опору повороту другої піврами трактора;
 $P_{кр}$ – сила тяги на гаку

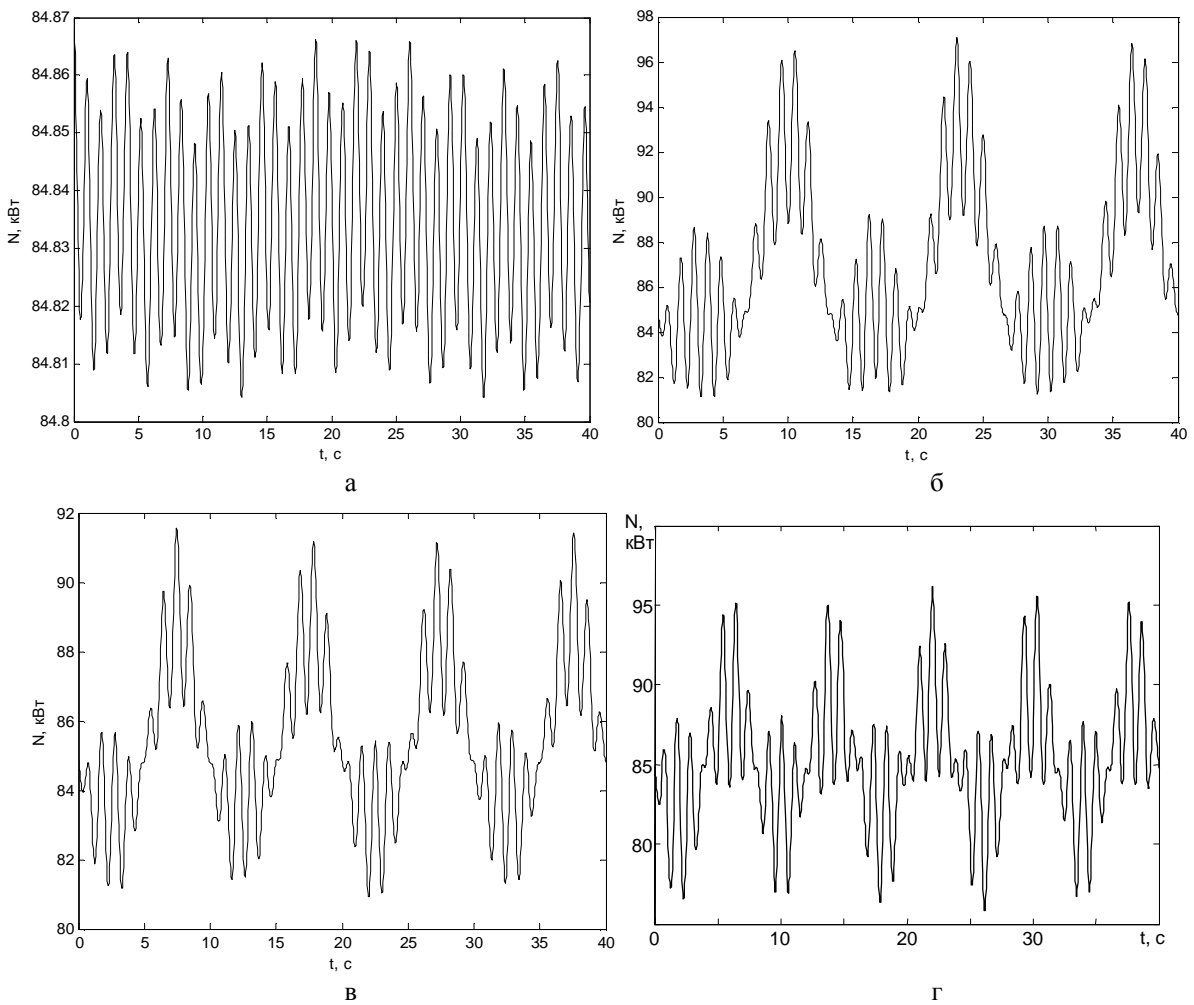


Рис. 2. Потужність, необхідна для функціонування комбінованого посівного агрегату:
 а – при прямолінійному русі першої піврами трактора; б – при русі першої піврами з амплітудою відхилення $A = 0,25\text{м}$ та кількості відхилень на дистанції 100м $n = 12$, в – $A = 0,5\text{м}$, $n = 8$, г – $A = 0,75\text{м}$, $n = 6$

Оберти коліс трактора залежать від кутів повороту піврам трактору:

$$n_{3л} = 30v \frac{1 + \sin \varphi_3}{\pi r_{к3}}; \quad n_{3п} = 30v \frac{1 - \sin \varphi_3}{\pi r_{к3}}; \quad (4)$$

$$n_{4л} = 30v \frac{1 + \sin \varphi_4}{\pi r_{к4}}; \quad n_{4п} = 30v \frac{1 - \sin \varphi_4}{\pi r_{к4}}$$

де v – швидкість руху агрегату; $r_{к3}, r_{к4}$ – радіуси коліс трактора.

Потужність, яка необхідна для функціонування комбінованого агрегату:

$$N_{\phi} = \sum_1^k N_{pi} + \sum_1^m N_{ВВПj}, \quad (5)$$

де $N_{pi} = \frac{M_i n_i}{9555}$ – потужність i -го рушія енергетичного засобу; k – кількість рушіїв; M_i – момент на i -му рушію; n_i – кількість обертів i -го рушія; $N_{ВВПj}$ – потужність, що знімається з j -го валу відбору потужності; m – кількість валів відбору потужності, що використовуються.

Для розрахунку потужності, необхідної для функціонування комбінованого агрегату, був також використаний пакет MATLAB 7.0. Варіюваними параметрами є амплітуда та кількість впливів оператора на рульове керування. Розрахунок виконаний для комбінованого сільськогосподарського агрегату в складі трактора ХТЗ-150К-09 та сівалки для прямої сівби АПП-6 виробництва заводу «Фрегат».

При роботі даного агрегату використовується вал відбору потужності, на який приєднаний вентилятор сівалки. Він споживає постійну потужність 3 кВт. Трактор з шарнірно-з'єднаною рамою та сівалка являють собою модель з чотирма елементами.

При русі першої піврами трактора по прямолінійній траєкторії потужність, необхідна для функціонування комбінованого посівного агрегату, коливається з частотою 1 Гц в межах від 84,80 кВт до 84,86 кВт (рис. 2, а). Найбільша потужність, необхідна для функціонування агрегату, коливається в межах від 81 до 97 кВт з частотами 1 та 0,2 Гц (рис. 2, б). На (рис. 2, в) потужність коливається в межах від 81 до 91,5 кВт з частотами 0,95 та 0,15 Гц.

Коливання потужності (рис. 2, г) відбуваються в межах від 78,7 кВт до 96,9 кВт з частотами 1 Гц та 0,2 Гц.

Висновки

В результаті дослідження функціонування агрегату при виконанні технологічного процесу розрахована необхідна потужність для функціонування. Потужність знаходиться в межах від 78,7 кВт до 96,9 кВт та коливається і має дві гармоніки. Перша гармоніка знаходиться близько до 1 Гц, друга – до 0,2 Гц.

Список літератури

1. Мазоренко Д.І. До питання визначення витрати палива комбінованим ґрунтообробно-посівним агрегатом / Д.І. Мазоренко, Р.В. Антощенко // *Механізація сільськогосподарського виробництва: Вісник ХНТУСГ*. – Х.: ХНТУСГ, 2009. – Вип. 89. – С. 5-11.
2. Митропан Д.М. Распределение тягового усилия между ведущими мостами шарнирно-сочленённого трактора 4Х4 при установившемся повороте. / Д.М. Митропан // *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. – 1970. – № 12. – С. 6-18.
3. Лихвенко С.П. Математична модель для розрахунків розподілу ведучих моментів і поелементного буксування повнопривідних тракторів / С.П. Лихвенко // *Підвищення надійності відновлюємих деталей машин: Вісник ХДТСТУ*. – 2001. – Т. 2, вип. 8. – С. 83-86.
4. Мельников Д.И. Экспериментальное и аналитическое исследование поэлементного буксования колес полноприводного трактора по его тяговой характеристике / Д.И. Мельников // *В сб. Механизация и электрификация сельского хозяйства*. – К.: Урожай, 1988. – Вып. 67. – С. 47-50
5. Кутьков Г.М. Энергетический баланс гусеничного трактора с учётом динамических составляющих потерь мощности / Г.М. Кутьков, В.Г. Иванюк. // *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. – 1975. – № 4. – С. 6-9.
6. Лебедев А.Т. Математична модель руху комбінованого посівного агрегату в складі трактора ХТЗ-150К-09 та сівалки прямої сівби АПП-6 при впливі оператора на рульове керування / А.Т. Лебедев, Р.В. Антощенко // *Системи обробки інформації: зб. наук. пр* – Х.: ХУПС, 2009. – Вип. 3 (77). – С. 135-138.

Надійшла до редколегії 1.11.2011

Рецензент: канд. техн. наук, доц. С.П. Сорокін, Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка, Харків.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОЩНОСТИ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО АГРЕГАТА

В.М. Антощенко, Р.В. Антощенко

В работе разработана математическая модель определения мощности, необходимой для функционирования сельскохозяйственного агрегата при выполнении технологического процесса производства сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: математическая модель, мощность, сельскохозяйственный агрегат.

MATHEMATICAL MODEL OF ESTIMATION NECESSARY POWER FOR THE FUNCTIONING AGRICULTURAL AGGREGATE

V.M. Antoshchenkov, R.V. Antoshchenkov

Mathematical model of estimation necessary power for the functioning of the agricultural aggregate in carrying out the process of crop production are presented in this article.

Keywords: mathematical model, power, agricultural aggregate.