

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ КОЛІСНОГО ТРАКТОРА FENDT 936 VARIO ПРИ ВИКОНАННІ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ «ОРАНКА»

Підтверджено доцільність використання відомих підходів для визначення техніко-економічних показників машинно-тракторного агрегату при виконанні технологічної операції «оранка» в процесі розгону.

На основі аналізу останніх досліджень і публікацій була складена програмна реалізація процесу розгону колісного трактора Fendt 936 Vario при виконанні технологічної операції «оранка». Складена програмна реалізація дозволяє за допомогою використання законів зміни коефіцієнта, що характеризує положення органу керування подачею палива, параметрів регулювання гідромашин гідрооб'ємної передачі, сили тяги на гаку імітувати процес розгону та визначити техніко-економічні показники досліджуваного трактора.

В роботі також представлено результати, що отримані в ході моделювання процесу розгону колісного трактора, а саме: перепад робочого тиску в гідрооб'ємній передачі, потужність двигуна внутрішнього згорання, коефіцієнт корисної дії трансмісії, а також годинна продуктивність та коефіцієнт корисної дії машинно-тракторного агрегату та годинної витрати палива.

Ключові слова: колісний трактор; розгін; гідрооб'ємно-механічна трансмісія; оранка.

Вступ. Постановка проблеми. На сьогоднішній день широкого застосування набули колісні трактори з гідрооб'ємно-механічною трансмісією (ГОМТ) загального призначення. Доцільність цих тенденцій підкреслюються тим, що вони є універсальними, тобто можуть застосовуватися протягом всього року як на польових роботах, так і на транспортних, що суттєво впливає на техніко-економічні показники.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Роботи [1–3] присвячені розгляду питань, пов'язаних з роботою колісних тракторів Fendt серії 900, котрі оснащуються ГОМТ – Vario. Зокрема, досліджено вплив місця розташування редукторів в механічній та гідравлічній гілці, об'ємів гідронасоса та гідромотора на кінематичні, силові та енергетичні параметри ГОМТ. Проте на даний момент мало вивчене питання визначення техніко-економічних показників машинно-тракторного агрегату в процесі розгону колісного трактора з ГОМТ.

Процес розгону колісного трактора при виконанні технологічної операції «оранка» моделюється на основі публікацій [4–8]. Зокрема, матеріали з робіт [6, 7] будуть використовуватись для складання математичної моделі двигуна внутрішнього згорання, яка враховуватиме завантаження двигуна внутрішнього згорання по крутному моменту, частоті обертання колінчастого валу, а також закон зміни коефіцієнта, котрий характеризує положення органу керування подачею палива. На основі робіт [4, 5] буде моделюватись математична модель трансмісії, яка описуватиме динамічні процеси в ГОМТ та враховуватиме закони зміни параметрів регулювання гідромашин ГОП. В даній роботі також використовуватимуться доволі розповсюджені математичні моделі, що наведені в публікаціях [4, 5, 8], які описують взаємодію коліс з опорною поверхнею.

Для визначення техніко-економічних показників машинно-тракторного агрегату, а саме: годинну продуктивність та ККД, а також годинну витрату палива двигуном внутрішнього згорання, будуть використовуватись матеріали з робіт [9–11].

Метою даної роботи є підтвердження доцільності використання підходів, наведених в роботах [9–11], для визначення техніко-економічних показників машинно-тракторного агрегату при виконанні технологічної операції «оранка» в процесі розгону.

Для досягнення поставленої мети необхідно: обґрунтувати доцільність використання як об'єкта дослідження трактор Fendt 936 Vario з плугом Lemken EuroDiamant 10; розглянути та проаналізувати розгін трактора при виконанні технологічної операції «оранка».

Візуальне дослідження. Для візуального дослідження виконання технологічної операції «оранка» колісним трактором Fendt 936 Vario з плугом Lemken EuroDiamant 10 (рис. 1) відбувався виїзд в польові умови, де було з'ясовано, що процес заглиблення плуга в ґрунт відбувається наступним чином: смуговий корпус плуга лемешем підрізає пласт ґрунту, при цьому в процесі руху агрегату підрізаний пласт зміщується по відвалу та перегортається. В той самий час ґрунт подрібнюється та розсипається на пласт, утворюючи при цьому дно борозни для смугового корпусу, що йде попереду. Смуговий корпус, в подальшому, скидає верх пласту з рослинними залишками (в нашому випадку – залишками кукурудзи) на дно борозни під пласт ґрунту, що відкидається відвалом.

В процесі візуального дослідження також фіксувались швидкість та час роботи при виконанні технологічної операції «оранка». Зокрема, на рисунку 2 було побудовано спрощений графік зміни швидкості трактора за час виконання робіт.



Рис. 1. Колісний трактор Fendt 936 Vario з плугом Lemken Euro Diamant 10

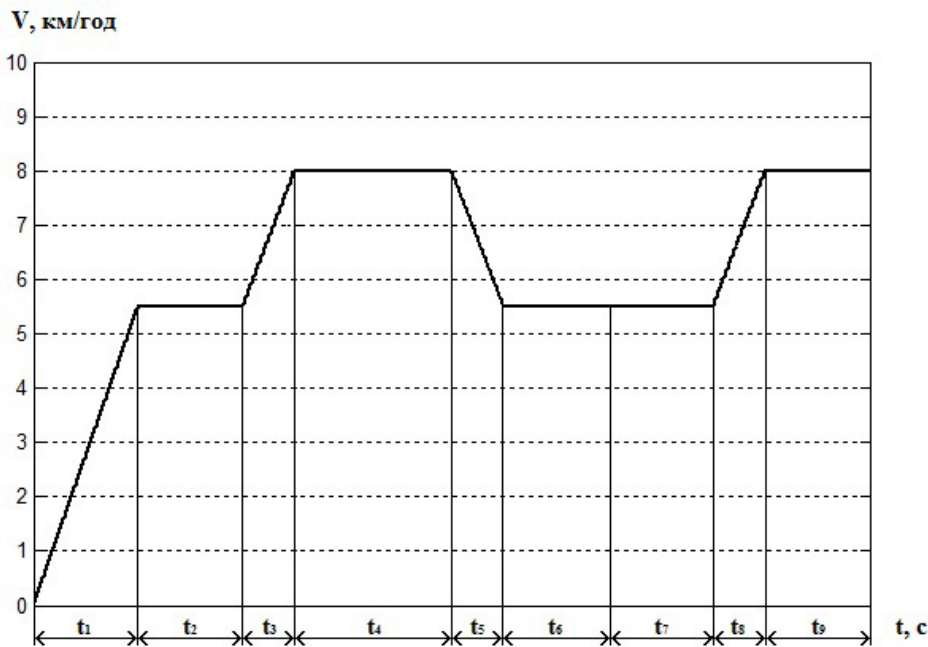


Рис. 2. Спрощений графік зміни швидкості колісного трактора Fendt 936 Vario від часу в процесі виконання технологічної операції «оранка»:

t_1 – час, за який розганяється трактор; $t_2 = t_7$ – час, за який плуг повністю заглиблюється в ґрунт; $t_3 = t_8$ – час, за який трактор розганяється до технологічної швидкості в процесі оранки; $t_4 = t_9$ – час, за який трактор оброблює ґрунт при виконанні процесу оранки; t_5 – час, за який трактор зменшує швидкість для розвороту, при цьому підіймаючи плуг; t_6 – час, за який трактор розгортається

Теоретичне дослідження. В процесі теоретичного дослідження процесу розгону колісного трактора з ГОМТ (на прикладі трактора Fendt 936 Vario) складалась єдина математична модель, яка була представлена у вигляді трьох систем (рис. 3).

В першій системі – «Двигун внутрішнього згорання» – представлена математична модель двигуна внутрішнього згорання за законом зміни коефіцієнта ϵ_r , котрий характеризує положення органу керування подачею палива. Дана система задає частоту обертання колінчастого вала з діючим на нього крутним моментом навантаження з трансмісії.

В другій системі – «ГОМТ» – наводилась математична модель ГОМТ з законами зміни параметрів регулювання гідромашин ГОП (гідронасоса e_1 та гідромотора e_2). Ця система задає частоту обертання коліс та крутний момент навантаження на двигун внутрішнього згорання, також на неї діє частота обертання колінчастого вала та крутний момент навантаження з коліс.

В третій – «Колеса» – була представлена математична модель взаємодії коліс з опорною поверхнею, в яку як підсистема входила математична модель навісного пристрою, з законом зміни сили тяги на гаку, що досягалась за рахунок зміни значення глибини обробки ґрунту h_p навісним пристроєм. Ця система задає крутний момент навантаження на трансмісію та враховує дію частоти обертання коліс, зчіпні властивості ґрунту та опору кочення коліс, вертикальне навантаження та тяговий опір.

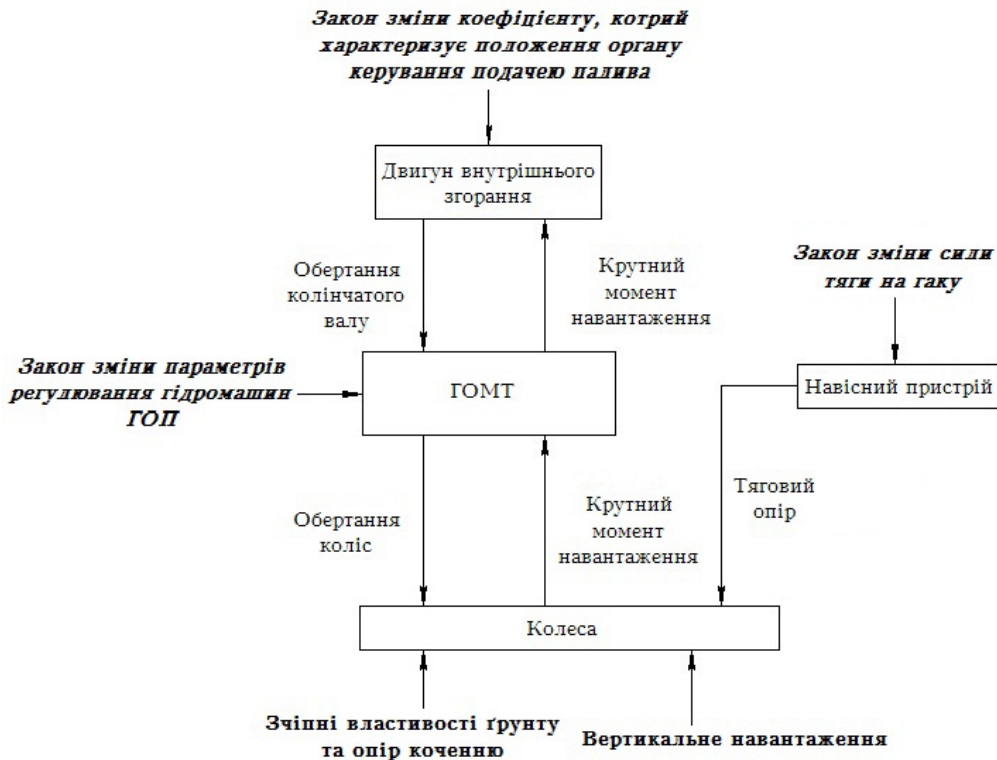


Рис. 3. Схема єдиної математичної системи колісного трактора

Побудуємо єдину математичну модель процесу розгону колісного трактора з ГОМТ в системі програмної реалізації Matlab за допомогою підсистеми моделювання динамічних процесів Simulink (рис. 4).

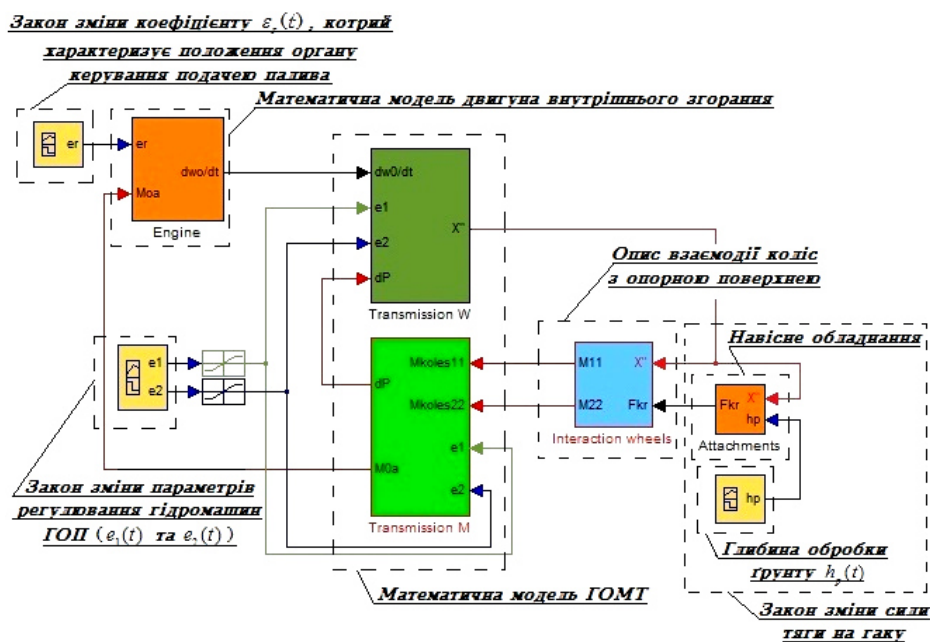


Рис. 4. Програмна реалізація математичної моделі в системі Matlab за допомогою підсистеми моделювання динамічних процесів Simulink

За допомогою блоку Signal Builder в системі Matlab підсистеми моделювання Simulink змінювались закони зміни коефіцієнта, що характеризує положення органу керування подачею палива, параметрів регулювання гідромашин ГОП, сили тяги на гаку в процесі розгону колісного трактора при виконанні технологічної операції «оранка», зокрема, враховуючи час зміни того чи іншого закону (рис. 5).

Закони зміни коефіцієнта $\varepsilon_r(t)$, що характеризує положення органу керування подачею палива, не змінюється, тобто $\varepsilon_r = 1$ (рис. 5, а).

Параметри $e_1(t)$ та $e_2(t)$, які характеризують закони зміни параметрів регулювання гідромашин ГОП, змінюються в межах $e_1 \in [0,13;1]$, $e_{21} \in [1;0,85]$ та $e_{22} \in [0,85;0,7]$ (рис. 5, б) за період $t_{e1} \in [0;2]$ с, $t_{e21} \in [2;3]$ с та $t_{e22} \in [8;10]$ с.

Коефіцієнт $h_p(t)$, що характеризує зміну глибини обробки ґрунту та, відповідно, і закон зміни сили тяги на гаку, змінюється в межах $h_p \in [0;1]$ (рис. 5, в) за період $t \in [3;8]$ с.

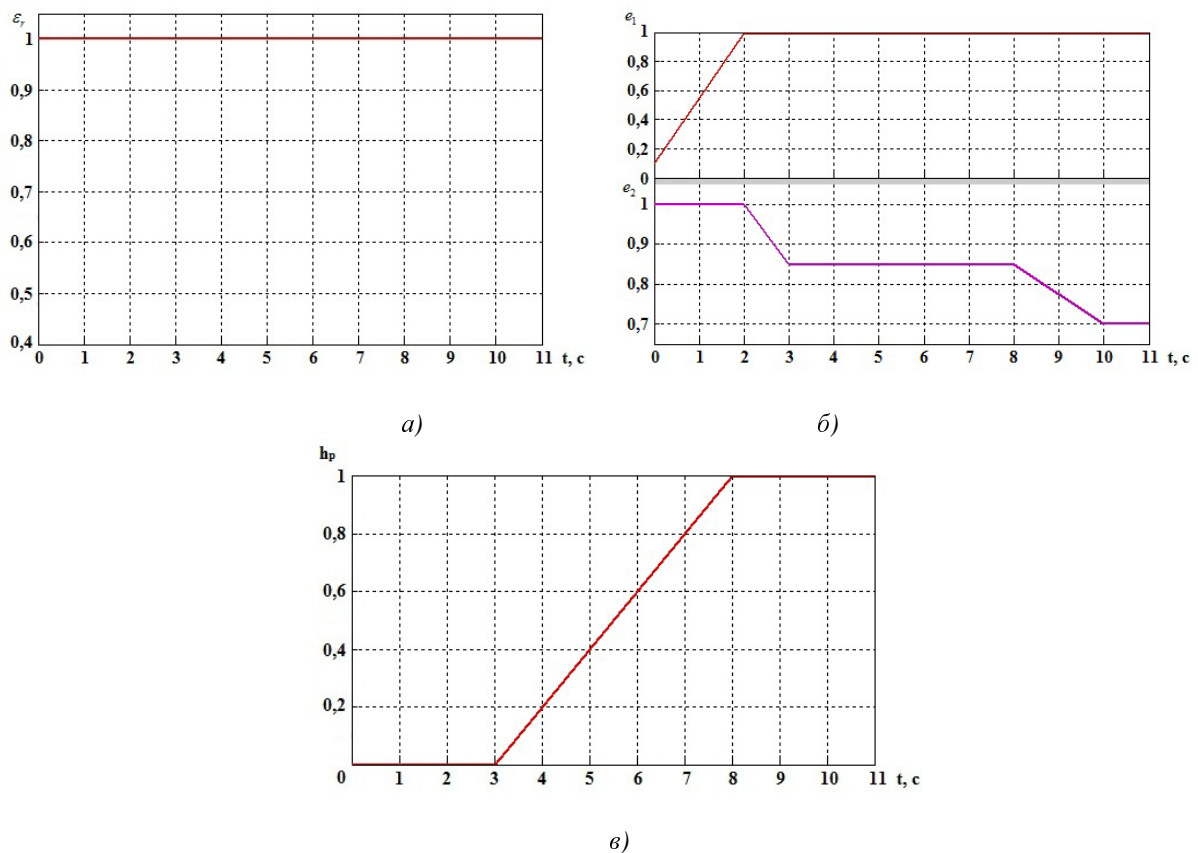


Рис. 5. Закони зміни колісного трактора з ГОМТ:
 а) коефіцієнта $\varepsilon_r(t)$, що характеризує положення органу керування подачею палива;
 б) параметрів регулювання гідромашин ГОП ($e_1(t)$ та $e_2(t)$);
 в) сили тяги на гаку (коефіцієнта $h_p(t)$)

В ході теоретичного дослідження процесу розгону використовується трактор Fendt 936 Vario, який оснащується двигуном внутрішнього згорання потужністю 265 кВт та при цьому має оберти колінчастого валу 2200 об./хв., а також радіуси передніх коліс $r_{k1} = 0,8$ м, задніх коліс $r_{k2} = 0,98$ м та має масу трактора 10830 кг. Також необхідно вказати, що трактор буде досягати швидкості 8 км/год., максимальна глибина обробки ґрунту складатиме $h_{II} = 0,28$ м при виконанні технологічної операції «оранка», а максимальне значення сили тяги на гаку, відповідно, буде дорівнювати $F_{kp} = 50,4$ кН.

Результати теоретичного дослідження процесу розгону колісного трактора при законах зміни коефіцієнта $\varepsilon_r(t)$, що характеризує положення органу керування подачею палива, параметрів регулювання гідромашин ГОП ($e_1(t)$ та $e_2(t)$), сили тяги на гаку (коефіцієнта $h_p(t)$) (рис. 5), при різних робочих об'ємах гідромоторів Q_m (від 166 до 350 см³) та при змінній швидкості руху трактора швидкості $V \in [0; 8]$ км/год., наведені на рисунку 6.

Отримані значення при досягненні трактором швидкості 8 км/год. змінювалися наступним чином: значення перепаду робочого тиску в ГОП (рис. 6, а) – в межах $dP \in [25,38; 25,18]$ МПа; значення потужності двигуна внутрішнього згорання (рис. 6, б) – в межах $N_d \in [155,9; 152,5]$ кВт; значення ККД трансмісії (рис. 6, в) – в межах $\eta_{TP} \in [0,653; 0,678]$.

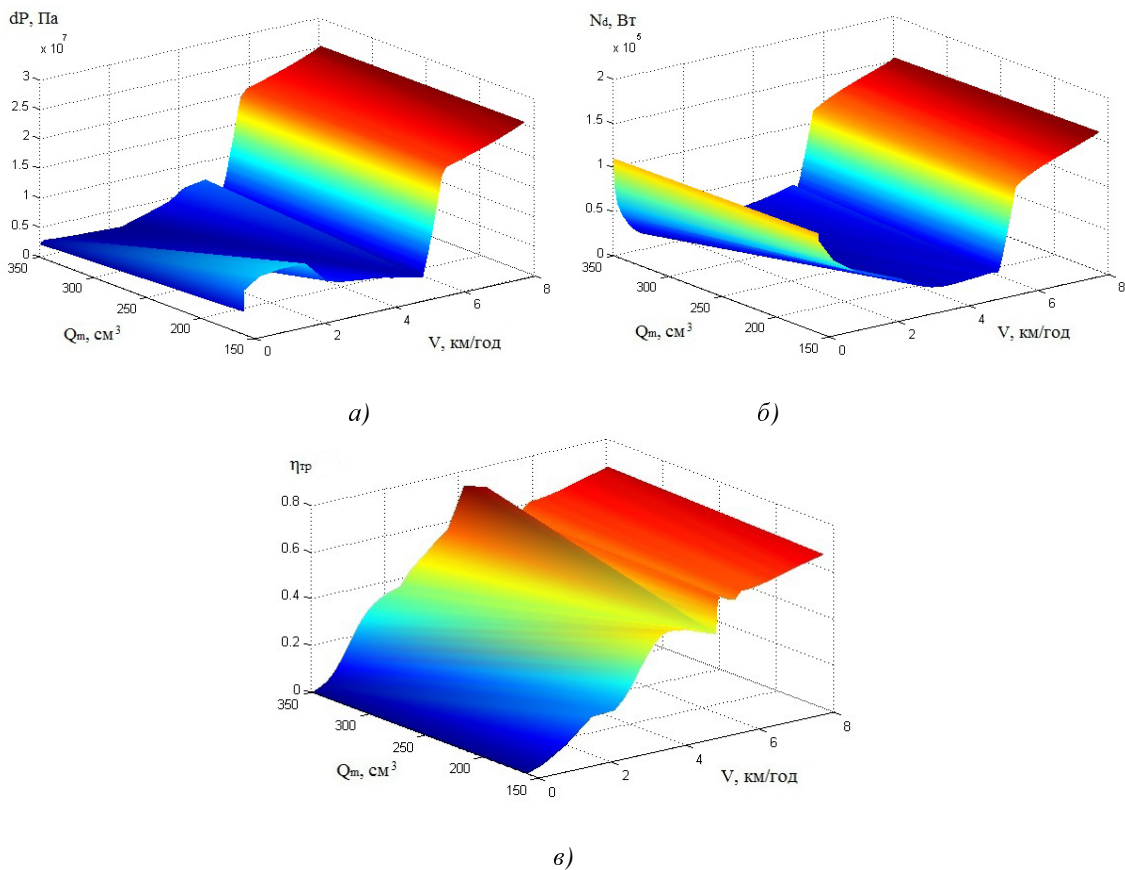


Рис. 6. Поверхні, що отримані в результаті теоретичного дослідження процесу розгону трактора в координатах робочих об'ємів гідромоторів Q_m та швидкості трактора V :

а) поверхня перепаду робочого тиску в ГОП dP ; б) поверхня потужності двигуна внутрішнього згорання N_d ; в) поверхня ККД трансмісії η_{TP}

У процесі теоретичного дослідження було з'ясовано показник годинної продуктивності машинно-тракторного агрегату S , котрий розраховувався за допомогою рівняння:

$$S = C_w \cdot B_p \cdot V \cdot \tau, \quad (1)$$

де C_w – коефіцієнт, що залежить від одиниці виміру швидкості руху; B_p – робоча ширина захвату агрегату; V – швидкість виконання технологічної операції машинно-тракторним агрегатом; τ – ступінь використання часу зміни.

Ступінь використання часу зміни розраховується наступним чином:

$$\tau = \frac{t_p}{t_{ост} + t_{да}}, \quad (2)$$

де t_p – час технологічної роботи; $t_{ост}$ – час простою, в нашому випадку – час на розворот трактору; $t_{ДА}$ – час руху агрегату, в нашому випадку $t_{ДА} = t_p$.

Показник годинної витрати палива Q_n двигуна внутрішнього згорання визначається з наступного рівняння:

$$Q_n = N_E \cdot q_E, \quad (3)$$

де N_E – ефективна потужність двигуна внутрішнього згорання; q_E – питома ефективна витрата палива двигуна внутрішнього згорання.

Результати досліджень. В ході візуального дослідження виконання технологічної операції «оранка» було з'ясовано, що годинна витрата палива складає $Q_n = 46,0$ кг/год., а годинна продуктивність машинно-тракторного агрегату – $S = 2,234$ га/год.

В ході теоретичного дослідження враховувалась швидкість роботи (рис. 2) при виконанні технологічної операції «оранка», а також характеристики плуга Lemken EuroDiamant 10. Результати годинної витрати палива двигуном внутрішнього згорання та ККД машинно-тракторного агрегату при застосуванні законів зміни: коефіцієнта, що характеризує положення органу керування подачею палива, параметрів регулювання гідромашин ГОП, сили тяги на гаку (рис. 5) показано на рисунках 7–8.

В процесі теоретичного дослідження значення годинної продуктивності машинно-тракторного агрегату склало $S = 2,427$ га/год., а значення годинної витрати палива – $Q_n = 47,86$ кг/год.

Порівняно з результатами, отриманими в процесі теоретичного та візуального дослідження було з'ясовано, що годинна продуктивність машинно-тракторного агрегату більше на 8,07 %, а годинна витрата палива двигуном внутрішнього згорання більше на 3,89 %.

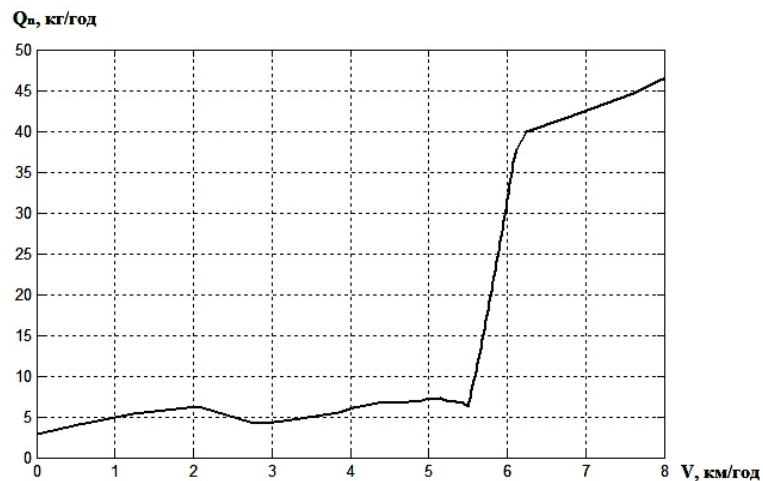


Рис. 7. Годинна витрата палива колісного трактору

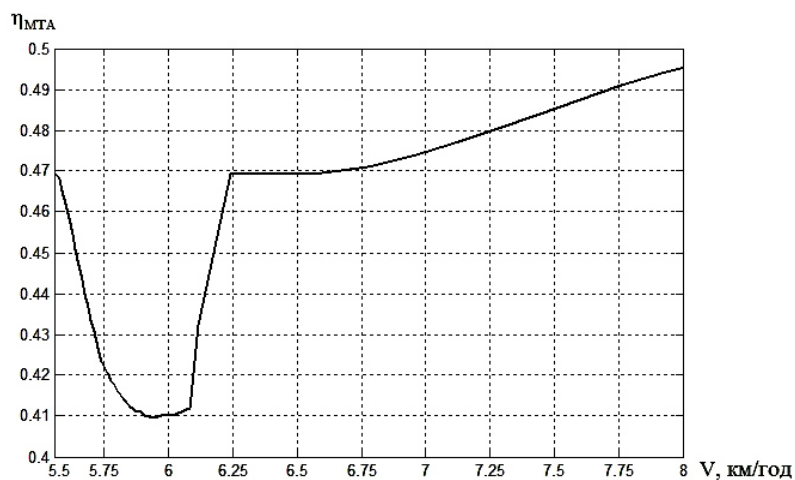


Рис. 8. ККД машинно-тракторного агрегату

Висновок. Для визначення техніко-економічних показників машинно-тракторного агрегату, проводились візуальні дослідження при виконанні технологічної операції «оранка», за результатами яких було встановлено, що максимальна похибка не перевищує 8,07 % (для годинної продуктивності машинно-тракторного агрегату), що дозволяє зробити висновок про адекватність моделі для визначення техніко-економічних показників машинно-тракторного агрегату.

Список використаної літератури:

1. *Самородов В.Б.* Результаты математического моделирования трансмиссии Fendt Vario колесных тракторов 900 серии / *В.Б. Самородов, А.И. Бондаренко* // Вісник НТУ «ХПІ» / Серія : Автомобіле- та тракторобудування. – 2011. – № 56. – С. 144–156.
2. *Самородов В.Б.* Тенденції та перспективи застосування в автомобіле- і тракторобудуванні безступінчастих гід्रोоб'ємно-механічних трансмісій / *В.Б. Самородов, А.І. Бондаренко* // Автомобильный транспорт : сб. научных трудов. – 2012. – № 30. – С. 13–22.
3. *Самородов В.Б.* Безступінчасті гідрооб'ємно-механічні трансмісії як невід'ємний елемент сучасних тракторів / *В.Б. Самородов, В.В. Єпіфанов, А.І. Бондаренко* // Вісник СевНТУ : зб. наук. праць / Серія : Машиноприладобудування та транспорт. – 2012. – № 135. – С. 244–247.
4. *Самородов В.Б.* Динаміка процесу розгону колісних тракторів серії Fendt 900 Vario / *В.Б. Самородов, А.І. Бондаренко* // Східно-Європейський журнал передових технологій / Серія : Прикладна механіка. – 2013. – № 1 (61). – С. 4–11.
5. *Самородов В.Б.* Динаміка процесу розгону колісного трактора-аналога “Беларус 3022 ДВ” з гідрооб'ємно-механічною трансмісією / *В.Б. Самородов, А.І. Бондаренко* // Східно-Європейський журнал передових технологій / Серія : Прикладна механіка. – 2012. – № 6 (60). – С. 15–19.
6. *Ребров А.Ю.* Математическая модель дизельного двигателя в безразмерных величинах с учетом его загрузки и подачи топлива / *А.Ю. Ребров, Т.А. Коробка, С.В. Лахман* // Вісник НТУ «ХПІ» / Серія : Транспортне машинобудування. – 2012. – № 19. – С. 31–36.
7. *Кутьков Г.М.* Тяговая динамика трактора / *Г.М. Кутьков*. – М. : Машиностроение, 1980. – 215 с.
8. *Самородов В.Б.* Развитие классических методов тягового расчета трактора с учетом основных технико-экономических показателей МТА / *В.Б. Самородов, А.Ю. Ребров* // Вісник НТУ «ХПІ» / Серія : Автомобіле- та тракторобудування. – 2008. – № 58. – С. 11–20.
9. *Иофинов С.А.* Эксплуатация машинно-тракторного парка / *С.А. Иофинов, Г.П. Лышко*. – М. : Колос, 1984. – 351 с.
10. *Судаков Н.Н.* Лекции по эксплуатации машинно-тракторного парка и техническому обслуживанию / *Н.Н. Судаков*. – Новгород : НГУ, 2010. – 101 с.
11. *Ребров А.Ю.* Мощностной баланс и КПД пахотного МТА при работе в тяговом режиме / *А.Ю. Ребров* // Вісник НТУ «ХПІ» / Серія : Транспортне машинобудування. – 2012. – № 20. – С. 67–73.

КОЖУШКО Андрій Павлович – аспірант кафедри автомобіле- і тракторобудування Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

Наукові інтереси:

– дослідження перехідних процесів в гідрооб'ємно-механічних трансмісіях колісних тракторів в процесі розгону.

Стаття надійшла до редакції 14.11.2014

Кожушко А.П. Визначення техніко-економічних показників колісного трактора Fendt 936 Vario при виконанні технологічної операції «оранка»

Кожушко А.П. Определение технико-экономических показателей колесного трактора Fendt 936 Vario при выполнении технологической операции «пахота»

Kozhushko A. Determination of technical and economic parameters wheel tractor Fendt 936 Vario in the performance of technological operations "plowing"

УДК 629.114.2

Определение технико-экономических показателей колесного трактора Fendt 936 Vario при выполнении технологической операции «пахота» / А.П. Кожушко

В данной работе подтверждено целесообразность использования известных подходов для определения технико-экономических показателей машинно-тракторного агрегата при выполнении технологической операции «пахота» в процессе разгона.

На основе анализа последних исследований и публикаций была составлена программная реализация процесса разгона колесного трактора Fendt 936 Vario при выполнении технологической операции «пахота». Составленная программная реализация позволяет с помощью использования законов изменения: коэффициента, который характеризует положение органа управления подачей топлива, параметров регулирования гидромашин гидрообъемной передачи, силы тяги на крюке имитировать процесс разгона и определить технико-экономических показатели исследуемого трактора.

В работе также представлены результаты, полученные в ходе моделирования процесса разгона колесного трактора, а именно: перепада рабочего давления в гидрообъемной передаче, мощности двигателя внутреннего сгорания, коэффициента полезного действия трансмиссии, а также часовой производительности и коэффициента полезного действия машинно-тракторного агрегата и часового расхода топлива.

Ключевые слова: колесный трактор; разгон; гидрообъемно-механическая трансмиссия; пахота.

УДК 629.114.2

Determination of technical and economic parameters wheel tractor Fendt 936 Vario in the performance of technological operations "plowing" / A.Kozhushko

This paper confirmyd the feasibility of using conventional approaches to determine the technical and economic performance machine and tractor unit in the technological operation "plowing" during acceleration.

On the basis of recent research and publications was compiled software implementation process acceleration wheel tractor Fendt 936 Vario in the performance of technological operations "plowing". Compiled software implementation allows using the laws change: coefficient, which characterizes the position of the controls fuel delivery, parameters for controlling fluid of hydraulic transmission, traction on the hook simulate dispersal process and determine the feasibility of the survey tractor.

The paper also presents the results obtained during the simulation process acceleration wheel tractor, namely drop in operating pressure of hydraulic transmission power internal combustion engine, the coefficient useful the action of transmission and hourly productivity and coefficient useful the action of the machine and tractor unit and hourly fuel consumption.

Keywords: wheeled tractor; acceleration; hydrostatic mechanical transmission; plowing.