

УДК 621.83.062.1

**В.Б. Самородов, професор, д-р техн. наук,**

**В.В. Спіфанов, професор, канд. техн. наук,**

**А.І. Бондаренко, доцент, канд. техн. наук**

*Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"*

*вул. Фрунзе, 21, м. Харків, Україна 61002.*

*vadimsamorodov@mail.ru.*

### СУЧАСНІ ГІДРООБ'ЄМНО-МЕХАНІЧНІ ТРАНСМІСІЇ: FENDT VARIO

*В роботі представлені результати статичного аналізу трансмісії трактора Fendt 939 Vario та результати моделювання розгону даного трактора при різних робочих об'ємах гідромоторів та змінній силі тяги на гаку.*

**Ключові слова:** колісний трактор, гідрооб'ємно-механічна трансмісія, Fendt Vario, тракторобудування.

**Постановка проблеми.** Безперечним лідером європейського тракторобудування є компанія Fendt (Німеччина). Технологія виробництва тракторів Fendt Vario довела свою успішність: низька питома витрата палива, безступінчаста трансмісія Vario, високий рівень комфорту їзди і управління трактором. Трактори серії 900 – одні з найшвидших серійних тракторів в світі (максимальна швидкість – 60 км/год). Проте, навіть на даний момент ні на офіційному сайті, ні в рекламних матеріалах не наводиться жодна інформація стосовно основних параметрів трансмісії, крім її принципу роботи.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В роботах [1-2] описано загальний принцип дії трансмісії Vario тракторів різних серій, а в роботах [3-4] ідентифіковані основні конструктивні параметри, типорозміри гідромашин гідрооб'ємної передачі трансмісії тракторів серії Fendt 900 Vario (рисунок 1).

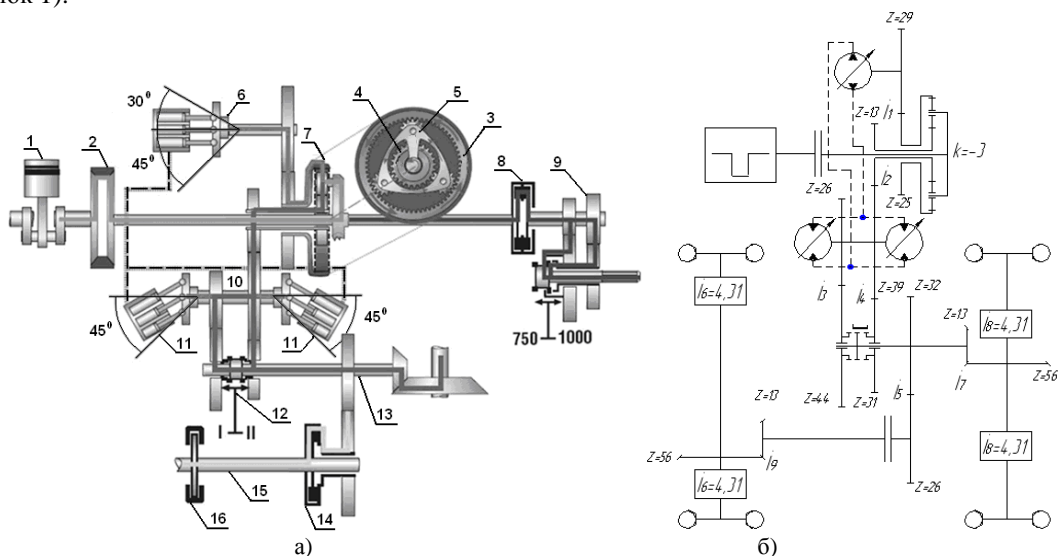


Рисунок 1 – Функціональна та кінематична схема трансмісії тракторів серії Fendt 900 Vario:

а – функціональна схема; б – кінематична схема; 1 – двигун внутрішнього згоряння; 2 – демпфер крутильних коливань; 3 – коронна шестерня; 4 – сонячна шестерня; 5 – водило; 6 – гідронасос; 7 – планетарний ряд; 8 – муфта включення валу відбору потужності; 9 – вал відбору потужності; 10 – вал, що підсумовує; 11 – гідромотор; 12 – муфта перемикання діапазонів руху; 13 – привід на задній міст; 14 – муфта включення приводу переднього моста; 15 – привід на передній міст; 16 – трансмісійний гальмівний механізм

**Мета та постановка завдань.** Метою даної роботи є дослідження сучасної гідрооб'ємно-механічної трансмісії (ГОМТ): Fendt Vario.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання: виконати статичний аналіз трансмісії трактора Fendt 939 Vario та дослідити динаміку розгону даного трактора при різних робочих об'ємах гідромоторів та змінній силі тяги на гаку.

**Сучасні ГОМТ: Fendt Vario.** Особливістю ГОМТ тракторів Fendt серії 900 є використання одного регульованого гідронасоса і двох регульованих гідромоторів з максимальним відхиленням блоку циліндрів до 45°. Початкові дані для статичного аналізу трансмісії трактора Fendt 939 Vario обрані наступні: двигун потужністю 287 кВт (максимальні оберти колінчастого валу двигуна 2200 об/хв); радіус

передніх коліс 0,8 м, задніх коліс 0,98 м; маса трактора 10830 кг; робочий об'єм гідронасоса – 130 см<sup>3</sup>; робочі об'єми гідромоторів – по 160 см<sup>3</sup>; коефіцієнт опору коченню 0,5.

Результати статичного аналізу трансмісії трактора Fendt 939 Vario при русі переднім ходом на тяговому діапазоні наведені на рисунку 2.

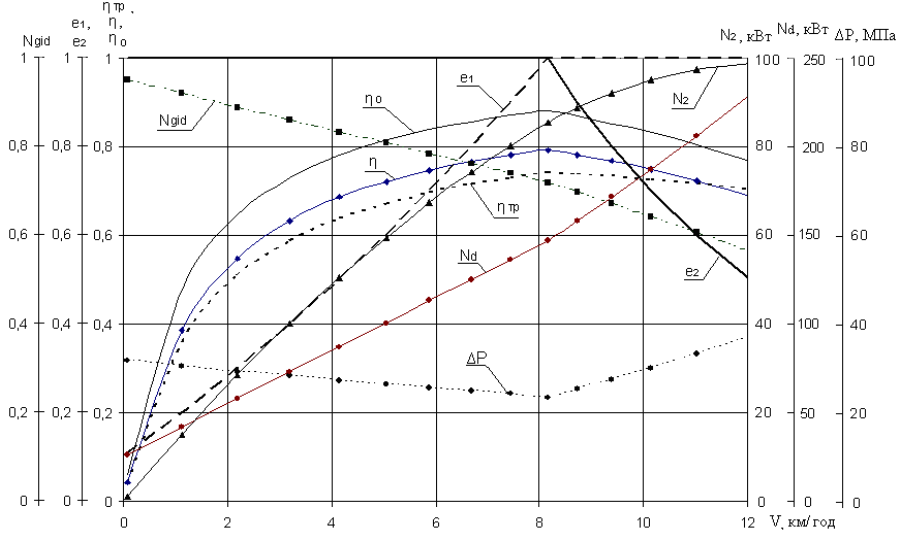


Рисунок 2 – Результати статичного аналізу трансмісії трактора Fendt 939 Vario на тяговому діапазоні руху:  $\eta_0$  – об'ємний коефіцієнт корисної дії (ККД) гідрооб'ємної передачі (ГОП);  $\eta$  – загальний ККД ГОП;  $\eta_{TP}$  – ККД трансмісії;  $N_d$  – потужність двигуна, кВт;  $N_2$  – потужність, що виходить з ГОП, кВт;  $N_{gid}$  – відношення потужностей у відсотках, що передаються через гідравлічну гілку до вихідної потужності із замкнутого контуру;  $\Delta P$  – перепад робочого тиску в ГОП;  $e_1, e_2$  – відносний параметр регулювання ГОП;  $V$  – швидкість руху трактора

В результаті аналізу було встановлено, що максимальне значення ККД трансмісії при технологічному режимі оранки складає 0,74, яке є нижче декларованого в рекламі (максимальне – 0,82). Можливо, це зв'язано з використанням моделі Городецького К.І. [1-2] для визначення ККД ГОП, яка може занижувати значення ККД гідромашин і трансмісії в цілому.

Для дослідження динаміки розгону трактора Fendt 939 Vario задамо закон зміни коефіцієнта  $e_r(t)$  [5-6], що характеризує положення органу керування подачею палива (рисунок 3, а), закони зміни  $e_1(t)$ ,  $e_2(t)$  (рисунок 3, б) при різних робочих об'ємах гідромоторів  $Q_m$  (від 160 до 250 см<sup>3</sup>) та змінній силі тяги на гаку  $F_{kr} \in [0; 49,5]$  кН, яка змінюється по лінійному закону в діапазоні часу  $t \in [10; 25]$  с. Результати моделювання розгону трактора Fendt 939 Vario на тяговому діапазоні руху представлені на рисунках 4 – 8.

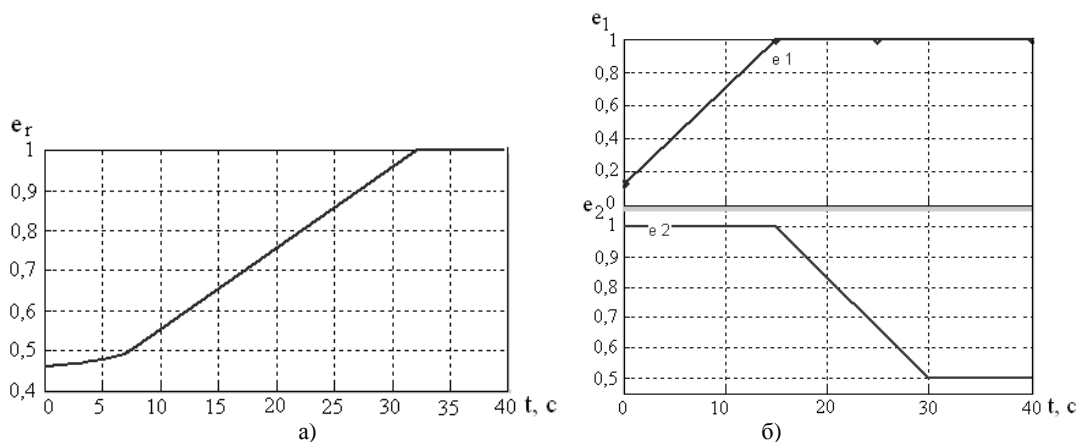


Рисунок 3 – Закон зміни коефіцієнта  $e_r(t)$  та відносних параметрів регулювання ГОП  $e_1(t)$ ,  $e_2(t)$ : а – закон зміни коефіцієнта  $e_r(t)$ , що характеризує положення органу керування подачею палива; б – закони зміни відносних параметрів регулювання ГОП  $e_1(t)$ ,  $e_2(t)$

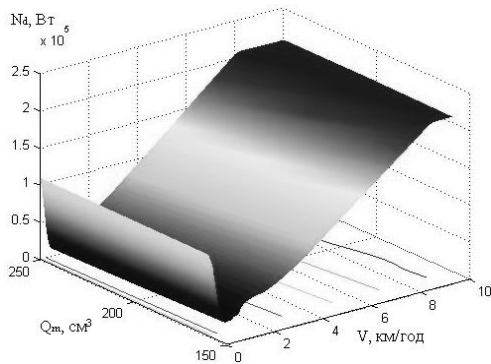


Рисунок 4 – Поверхня потужності двигуна  $N_d$  в координатах робочих об'ємів гідромоторів  $Q_m$  та швидкості трактора  $V$

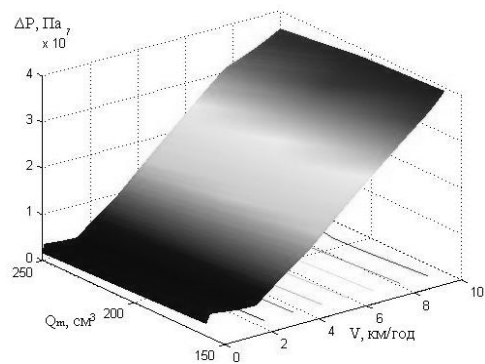


Рисунок 5 – Поверхня перепаду робочого тиску в ГОП  $\Delta p$  в координатах робочих об'ємів гідромоторів  $Q_m$  та швидкості трактора  $V$

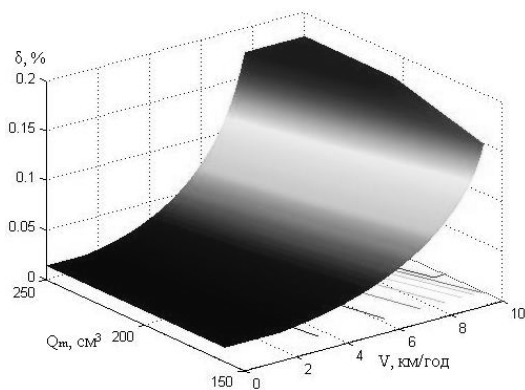


Рисунок 6 – Поверхня буксування передніх коліс  $\delta$  в координатах робочих об'ємів гідромоторів  $Q_m$  та швидкості трактора  $V$

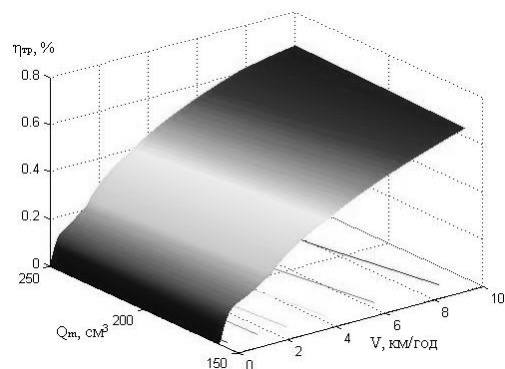


Рисунок 7 – Поверхня ККД трансмісії  $\eta_{тр}$  в координатах робочих об'ємів гідромоторів  $Q_m$  та швидкості трактора  $V$

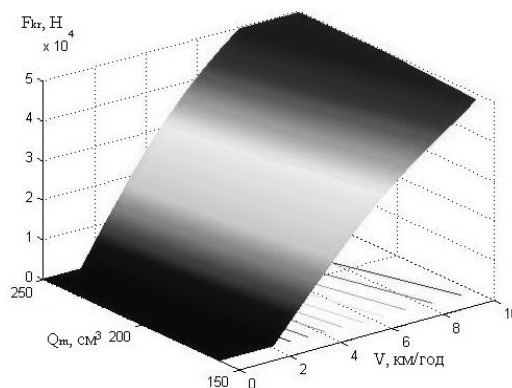


Рисунок 8 – Поверхня сили тяги на гаку  $F_{кр}$  в координатах робочих об'ємів гідромоторів  $Q_m$  та швидкості трактора  $V$

В зв'язку з тим, що розгін до максимальної швидкості трактора 10 км/год при різних робочих об'ємах гідромоторів досягається за різний проміжок часу, закон зміни сили тяги на гаку  $F_{кр}(t)$  при цьому задавався однаковим, трактор з ГОМТ, що має гідромотори робочим об'ємом 160  $cm^3$  досягає своє максимальної швидкості за значно менший проміжок часу ніж сила тяги на гаку свого максимального значення (зумовлено законом зміни сили тяги на гаку  $F_{кр}(t)$  та законами зміни параметрів регулювання  $e_1(t)$ ,  $e_2(t)$ ), а трактор з ГОМТ, що має гідромотори робочим об'ємом 250  $cm^3$  – за значно більший проміжок часу, саме цим і пояснюється різне значення сили тяги на гаку при одних і тих же швидкостях трактора.

**Висновки.** В результаті статичного аналізу трансмісії трактора Fendt 939 Vario було встановлено, що максимальне значення ККД трансмісії при технологічному режимі оранки складає 0,74, яке є нижче декларованого в рекламі (максимальне – 0,82). Можливо, це зв'язано з використанням в цій статті моделі Городецького К.І. для визначення ККД ГОП, яка може занижувати значення ККД гідромашин і трансмісії в цілому.

В результаті моделювання розгону трактора Fendt 939 Vario на тяговому діапазоні руху було встановлено: при використанні регульованих гідромоторів максимальним об'ємом 250 см<sup>3</sup> замість 160 см<sup>3</sup> спостерігається зниження  $\Delta p_{\max}$  на 0,05 – 7,68%,  $N_{d\max}$  на 0,24 – 0,38%; підвищення  $\eta_{TP\max}$  на 0,80 – 1,40%, сили тяги на гаку  $F_{k\max}$  на 2,74 – 25,70%, буксування коліс  $\delta$  від 0% до більш ніж 50%.

#### **Бібліографічний список використаної літератури**

1. Самородов В.Б. Тенденції та перспективи застосування в автомобіле- і тракторобудуванні безступінчастих гідрооб'ємно-механічних трансмісій / В.Б. Самородов, А.І. Бондаренко // Автомобильный транспорт. Сборник научных трудов. – 2012. – № 30. – С. 13 – 22.

2. 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. Збірник наукових праць. Серія: Машиноприладобудування та транспорт. – 2012. – № 135. – С. 244 – 247.

3. Самородов В.Б. Анализ бесступенчатой трансмиссии тракторов серии Fendt 900 Vario: что скрывается за рекламой? / В.Б. Самородов, А.И. Бондаренко // “Тракторы и сельхозмашины. Ежемесячный научно-практический журнал”. – 2012. – № 6. – С. 48 – 52.

4. Самородов В.Б. Результаты математического моделирования трансмиссии Fendt Vario колесных тракторов 900 серии / В.Б. Самородов, А.И. Бондаренко // Вестник НТУ “ХПИ”: сб. науч. трудов. Тематический выпуск “Автомобиле- и тракторостроение”. – 2011. – № 56. – С. 144 – 156.

5. Самородов В.Б. Динаміка процесу розгону колісного трактора-аналога “Беларус 3022 ДВ” з гідрооб'ємно-механічною трансмісією / В.Б. Самородов, А.І. Бондаренко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 6/7 (60). – С. 15 – 19.

6. Самородов В.Б. Динаміка процесу розгону колісних тракторів серії Fendt 900 Vario / В.Б. Самородов, А.І. Бондаренко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – № 1/3 (61). – С. 4 – 11.

*Надійшла до редакції 03.03.2013 р.*

#### **Самородов В.Б., Єпіфанов В.В., Бондаренко А.И. Современные гидрообъемно-механические трансмиссии: Fendt Vario**

В работе представлены результаты статического анализа трансмиссии трактора Fendt 939 Vario, а также результаты моделирования разгона данного трактора при различных рабочих объемах гидромоторов и переменной силе тяги на крюке.

**Ключевые слова:** колесный трактор, гидрообъемно-механическая трансмиссия, Fendt Vario, тракторостроение.

#### **Samorodov V.B., Epifanov V.V., Bondarenko A.I. Modern hydrostatic-mechanical transmissions: Fendt Vario**

The results of static analysis of transmission of tractor Fendt 939 Vario are in-process presented and results of design of acceleration of this tractor at the different swept volumes of hydraulic motors and variable tractive force on a hook.

**Keywords:** wheeled tractor, hydrostatic-mechanical transmission, Fendt Vario, tractorbuilding.