

УДК 621.83.062.1

ПЕРСПЕКТИВНІ ГІДРООБ'ЄМНО-МЕХАНІЧНІ ТРАНСМІСІЇ ДЛЯ КОЛІСНИХ ТРАКТОРІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

**В.Б. Самородов, професор, д.т.н., А.І. Бондаренко, доцент, к.т.н.,
Національний технічний університет «ХПІ»**

Анотація. Наведено кінематичні схеми перспективних гідрооб'ємно-механічних трансмісій, ідентифіковано їх основні конструктивні параметри, типорозміри гідромашин гідрооб'ємної передачі, визначені кінематичні, силові та енергетичні параметри трансмісій.

Ключові слова: гідрооб'ємно-механічна трансмісія, гідрооб'ємна передача, тракторобудування.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ГИДРООБЪЕМНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ТРАНСМИССИИ ДЛЯ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

**В.Б. Самородов, профессор, д.т.н., А.И. Бондаренко, доцент, к.т.н.,
Национальный технический университет «ХПИ»**

Аннотация. Приведены кинематические схемы перспективных гидрообъемно-механических трансмиссий, идентифицированы их основные конструктивные параметры, типоразмеры гидромашин гидрообъемной передачи, определены кинематические, силовые и энергетические параметры трансмиссий.

Ключевые слова: гидрообъемно-механическая трансмиссия, гидрообъемная передача, тракторостроение.

PERSPECTIVE HYDROSTATIC-MECHANICAL TRANSMISSIONS FOR WHEELED TRACTORS OF AGRICULTURAL SETTING

**V. Samorodov, Professor, Doctor of Technical Science,
A. Bondarenko, Associate Professor, Candidate of Technical Science,
NTU «KhPI»**

Abstract. The kinematics charts of perspective hydrostatic-mechanical transmission are presented, their basic structural parameters, the size of hydraulic machines of hydrostatic transmission are identified, the kinematic and power parameters of transmissions are determined.

Key words: hydrostatic-mechanical transmission, hydrostatic transmission, tractor-building.

Вступ

Останнім часом на колісних тракторах сільськогосподарського призначення різної потужності серійно встановлюються принципово нові тракторні трансмісії – гідрооб'ємно-механічні (ГОМТ), які забезпечують безступінчасте регулювання крутного моменту в широкому діапазоні і плавну передачу його до тягових коліс, стабільну роботу двигуна в зоні оптимального режиму, можливість реверсивного ходу трактора і так далі.

На сьогодні в сучасних конструкціях ГОМТ за рахунок зменшення частки потужності, що проходить через гідравлічну гілку, та підвищення частки, що проходить через механічну гілку, а також використання сучасних гідроагрегатів об'ємного типу, які мають достатньо високий загальний коефіцієнт корисної дії (ККД), добилися значного підвищення ККД ГОМТ і тим самим ліквідували один з основних недоліків ГОМТ: суттєву різницю в ККД між ступінчастими механічними трансмі-

сіями та ГОМТ (різниця на даний момент становить 3–7 %).

Аналіз публікацій

У роботах [1–7] наведено схеми ГОМТ, що працюють за схемою «диференціал на вході», «диференціал на виході», «із двома диференціалами: на вході та виході» зі всіма можливими з'єднаннями механічної та гідравлічної гілки з ланками триланкового планетарного механізму, визначено вплив об'єму гідромотора на кінематичні, силові та енергетичні параметри ГОМТ, формалізовано та систематизовано основні закономірності розподілу кінематичних, силових та енергетичних параметрів ГОМТ.

Мета і постановка задачі

Метою даної роботи є визначення та дослідження перспективних ГОМТ для колісних тракторів сільськогосподарського призначення.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання, базуючись на

результатах досліджень [1–7]: навести кінематичні схеми перспективних ГОМТ, ідентифікувати їх основні конструктивні параметри, типорозміри гідромашин гідрооб'ємної передачі (ГОП), визначити їх кінематичні, силові та енергетичні параметри.

Перспективні ГОМТ для колісних тракторів сільськогосподарського призначення

За результатами комплексного статичного аналізу ГОМТ (як початкові дані обрано такі параметри: максимальну кутову швидкість колінчастого вала двигуна – 2250 об./хв; радіус коліс – 0,85 м; масу трактора – 9000 кг; швидкість, що реалізується на тяговому діапазоні при коефіцієнті опору руху 0,5 – від 0,02 до 10 км/год; робочий об'єм гідронасоса – 130 см³, робочий об'єм гідромотора – 130–250 см³) було виявлено ряд кінематичних схем перспективних трансмісій (рис. 1), ідентифіковано їх основні конструктивні параметри, типорозміри гідромашин ГОП, визначено їх кінематичні, силові та енергетичні параметри (рис. 2, 3, табл. 1).

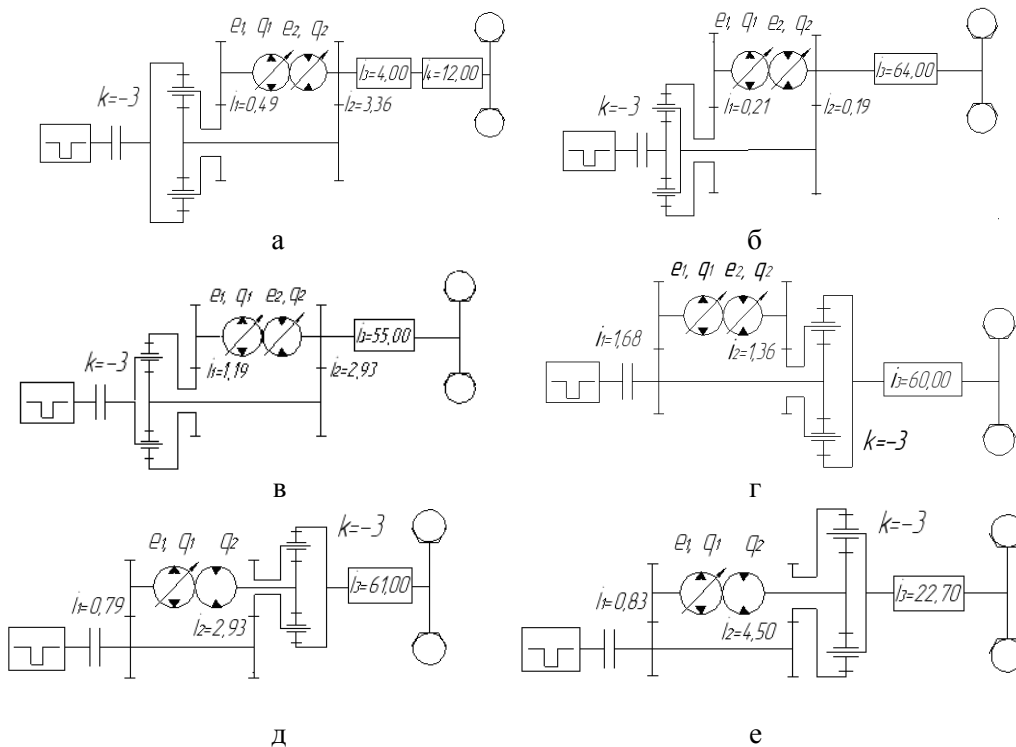


Рис. 1. Кінематичні схеми перспективних ГОМТ (робочий об'єм гідромотора трансмісій а, б, в, д – 130 см³; г, е – 250 см³): i_j – передавальне число редуктора; e_1, e_2 – відносний параметр регулювання ГОП; q_1, q_2 – максимальна продуктивність гідромашин; k – внутрішнє передавальне відношення планетарного ряду; а, б, в – схеми ГОМТ з диференціалом на вході; г, д, е – схеми ГОМТ з диференціалом на виході

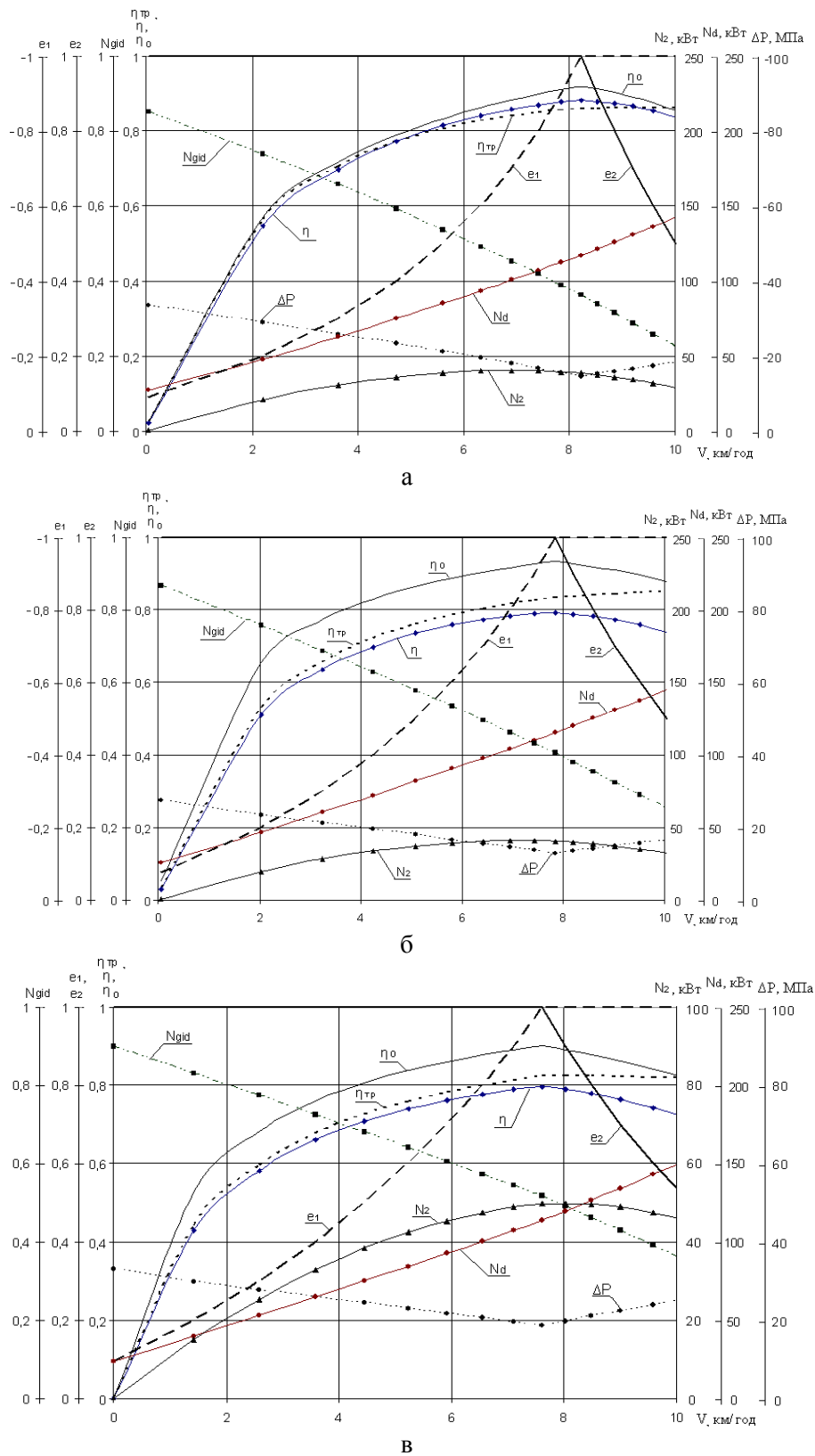
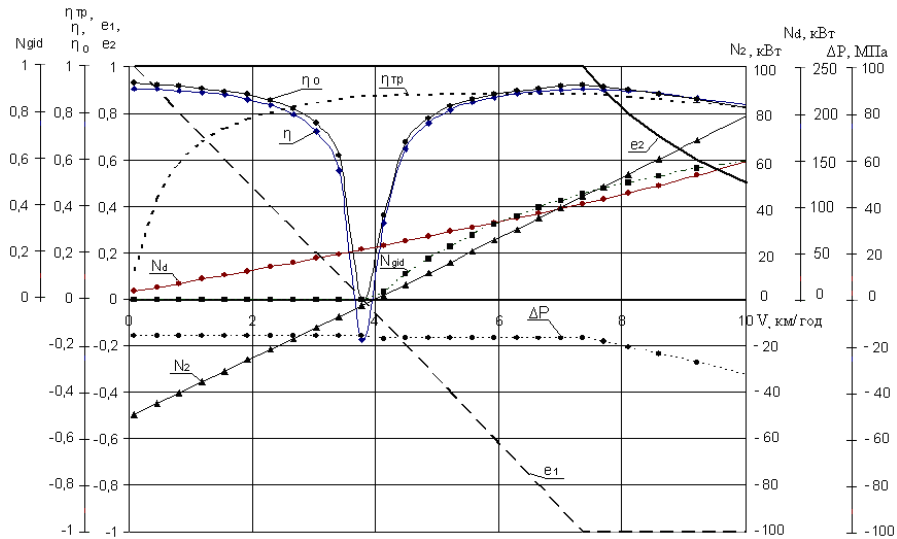
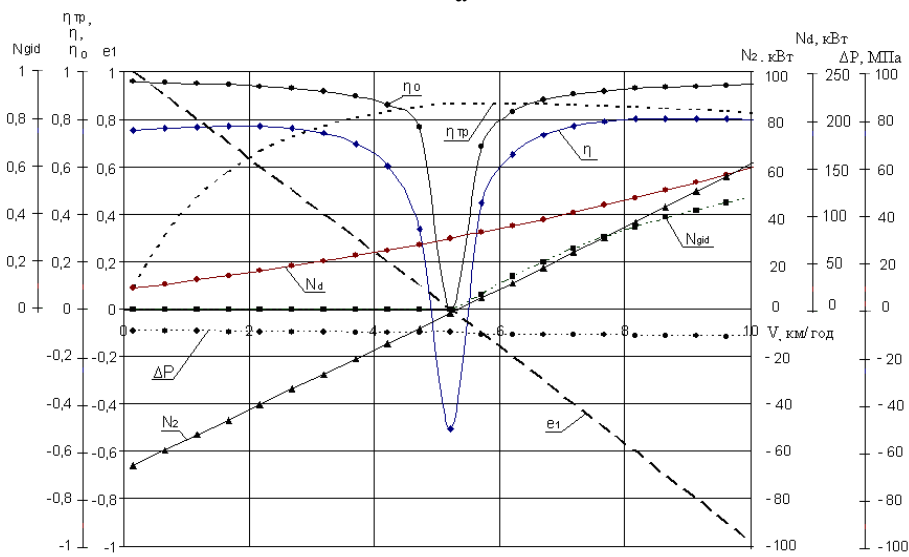


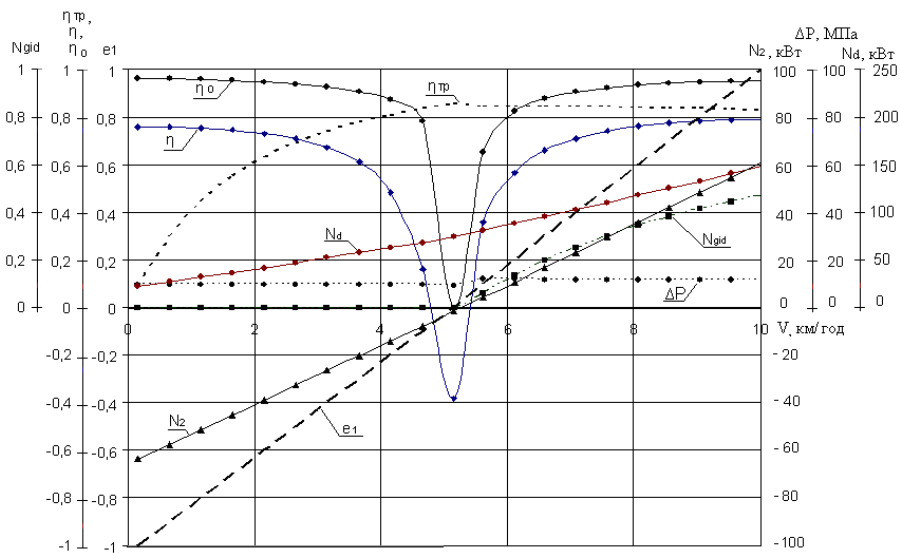
Рис. 2. Результаты статического анализа ГОМТ с дифференциалом на входе: а – відповідає кінематичній схемі а з рис. 1; б – відповідає кінематичній схемі б з рис. 1; в – відповідає кінематичній схемі в з рис. 1; η_o – об'ємний ККД ГОП; η – загальний ККД ГОП; $\eta_{тр}$ – ККД трансмісії; N_d – потужність 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; Δp – перепад робочого тиску в ГОП; e_1, e_2 – відносний параметр регулювання ГОП; V – швидкість руху трактора



а



б



в

Рис. 3. Результаты статического анализа ГОМТ с дифференциалом на выходе (позначения показателей ГОМТ такие же, как и для ГОМТ с дифференциалом на входе): а – відповідає кінематичній схемі г з рис. 1; б – відповідає кінематичній схемі д з рис. 1; в – відповідає кінематичній схемі е з рис. 1

Таблиця 1 Узагальнені результати статичного аналізу перспективних ГОМТ

Схема (рис. 1)	$ \Delta p _{\max}$, МПа	$\eta_{TP \max}$	Кутова швидкість сателітів $ \omega_s _{\max}$, рад/с	$N_{d \max}$, кВт	Кутова швидкість вала гідронасоса $ \omega_1 _{\max}$, рад/с	Кутова швидкість вала гідромотора $ \omega_1 _{\max}$, рад/с
а	33,57	0,862	572,1	142,5	359,2	157,1
б	27,47	0,850	235,4	144,9	375,0	209,9
в	33,02	0,823	304,5	153,5	264,7	184,1
г	32,67	0,883	323,8	149,0	140,0	120,1
д	11,60	0,866	363,4	150,4	298,9	311,7
е	12,13	0,856	153,5	148,4	282,6	152,3

Незважаючи на те, що схема в (рис. 1) ГОМТ з диференціалом на вході поступає за показниками ККД іншим схемам, на сьогодні саме на її базі розроблено трансмісію Fendt Varіо (рис. 4), яка є найбільш оригінальною, ефективною та простою з усіх існуючих безступінчастих ГОМТ. Крім того, ця схема характеризується мінімальним значенням кутової швидкості вала гідронасоса порівняно зі схемами а та б (рис. 1).

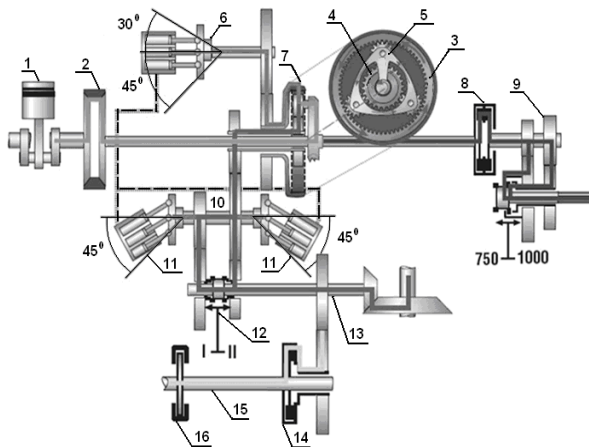


Рис. 4. Функціональна схема трансмісії Fendt Varіо з потужністю двигуна 162–287 кВт: 1 – двигун внутрішнього згорання; 2 – демпфер крутильних коливань; 3 – коронна шестірня; 4 – сонячна шестірня; 5 – водило; 6 – гідронасос; 7 – планетарний ряд; 8 – муфта включення вала відбору потужності; 9 – вал відбору 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

У результаті аналізу ГОМТ, що працюють за схемами «диференціал на вході» та «диференціал на виході», було встановлено:

– якнайкращою з розглянутих ГОМТ з диференціалом на вході за заданих початкових даних є схема а (рис. 1) з максимальним ККД трансмісії 0,862 за швидкостей 8,5–10,0 км/год, на другому місці – схема б (рис. 1) з максимальним ККД трансмісії 0,850 за швидкості 10,0 км/год, на третьому місці – схема в (рис. 1) з максимальним ККД трансмісії 0,823 за швидкостей 7,5–8,5 км/год (всі з регульованим гідромотором з робочим об'ємом 130 см³);

– якнайкращою з розглянутих ГОМТ з диференціалом на виході за заданих початкових даних є схема г (рис. 1) (при використанні гідронасоса робочим об'ємом 130 см³, регульованого гідромотора робочим об'ємом 250 см³) з максимальним ККД трансмісії 0,883 за швидкостей 5,8–7,2 км/год, на другому місці – схема д (рис. 1) (при використанні гідронасоса робочим об'ємом 130 см³, нерегульованого гідромотора робочим об'ємом 130 см³) з максимальним ККД трансмісії 0,866 за швидкостей 5,2–7,2 км/год, на третьому місці – схема е (рис. 1) (при використанні гідронасоса робочим об'ємом 130 см³, нерегульованого гідромотора робочим об'ємом 250 см³) з максимальним ККД трансмісії 0,856 за швидкості 5,2 км/год.

У процесі дослідження кінематичних схем ГОМТ із двома диференціалами: на вході та виході було виявлено, що знаходження кінематичних, силових та енергетичних параметрів даних трансмісій не можливе без:

– блокування однієї з ланок диференціала на вході або однієї з ланок диференціала на ви-

ході, що призводить до трансформації у складну схему з диференціалом на вході або окремо з диференціалом на виході;

– жорсткого зв'язку ланок диференціала на вході з ланками диференціала на виході, що призводить до суттєвого ускладнення конструкції.

Застосування ГОМТ із двома диференціалами – на вході та виході призводить до необхідності використання додаткових елементів, що перемикаються, та викликає ускладнення конструкції.

Висновок

За результатами досліджень було виявлено ряд перспективних схем ГОМТ (рис. 1) та встановлено оптимальну схему для трактора повною масою 9000 кг – схема ГОМТ з диференціалом на виході (рис. 1, г) з гідронасосом робочим об'ємом 130 см^3 , регульованим гідромотором робочим об'ємом 250 см^3 . Вказана ГОМТ має максимальний ККД трансмісії 0,883 за швидкостей 5,8–7,2 км/год.

Література

1. Самородов В.Б. Основные параметры гидрообъемно-механических трансмиссий, работающих по схеме «дифференциал на входе» / В.Б. Самородов, А.И. Бондаренко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий: сб. науч. т. – 2012. – № 2/7 (56). – С. 25–35.
2. Самородов В.Б. Основные параметры гидрообъемно-механических трансмиссий, работающих по схеме «дифференциал на выходе» / В.Б. Самородов, А.И. Бондаренко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий: сб. науч. тр. – 2012. – № 3/7 (57). – С. 4–12.
3. Самородов В.Б. Анализ безступенчатых двопотоковых гидрообъемно-механических тракторных трансмиссий: выбор и обоснование перспективных схем / В.Б. Самородов, О.В. Григоров, А.И. Бондаренко // Вісник національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. пр. Тематичний випуск «Транспортне машинобудування». – 2012. – № 20. – С. 24–46.
4. Самородов В.Б. Порівняльний аналіз безступінчастих двопотокових гідрооб'ємно-механічних трансмісій / В.Б. Самородов, А.І. Бондаренко // Вестник ХНАДУ: сб. науч. тр. – 2012. – Вып. 56. – С. 37–45.
5. Самородов В.Б. Вплив об'єму гідромотора на основні параметри гідрооб'ємно-механічних трансмісій, що працюють за схемою «диференціал на виході» / В.Б. Самородов, А.І. Бондаренко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий: сб. науч. трудов. – 2012. – № 6/7 (60). – С. 20–25.
6. Самородов В.Б. Розподіл потоків потужності у гідрооб'ємно-механічних трансмісіях, що працюють за схемою «диференціал на вході» / В.Б. Самородов, А.І. Бондаренко // Вісник національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. праць. Сер. «Автомобіле- та тракторобудування». – 2012. – № 60 (966). – С. 31–41.
7. Самородов В.Б. Вплив об'єму гідромотора на кінематичні, силові та енергетичні параметри гідрооб'ємно-механічних трансмісій / В.Б. Самородов, А.І. Бондаренко // Вісник національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. пр. Сер. «Автомобіле- та тракторобудування». – 2012. – № 64 (970). – С. 9–21.

Рецензент: В.І. Клименко, професор, к.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 5 липня 2013 р.