

Самородов В.Б.

д.т.н., професор,
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
завідувач кафедри автомобіле- і тракторобудування
Харків, Україна
vadimsamorodov@mail.ru

Пелипенко Є.С.

Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
аспірант кафедри автомобіле - і тракторобудування
Харків, Україна
pelipenkoeugene@gmail.com

**АНАЛІЗ ОБ'ЄКТИВНИХ УМОВ ДЛЯ ПІДЙОМУ
ТРАКТОРОБУДУВАННЯ В УКРАЇНІ**

Анотація. В роботі проаналізовано об'єктивні умови підйому українського тракторобудування на більш високий рівень, за рахунок розвитку виробництва тракторів потужністю 170-240 к.с. з безступінчастими гідрооб'ємно-механічними трансмісіями (ГОМТ). Такі трансмісії вперше розроблені на пострадянському просторі вченими кафедри "Автомобіле- і тракторобудування" Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут" разом з фахівцями Харківського тракторного заводу (АТ "ХТЗ"). Перевірка дослідних зразків тракторів ХТЗ-21021 і ХТЗ-242К в польових умовах засвідчила високу ефективність розроблених ГОМТ для різних агротехнічних технологій, що в свою чергу дає можливість тракторам виробництва АТ "ХТЗ" бути конкурентно спроможними на світовому ринку.

Ключові слова: імпорт, колісний трактор, трансмісія, безступінчаста трансмісія, гідрооб'ємно-механічна трансмісія
Формул: 0, рис.: 7, табл.: 0, бібл.: 12

Vadym Samorodov

Doctor of Science (Engineering), Professor,
National Technical University
"Kharkiv Polytechnic Institute",
Head of Car and Tractor Industry Department
Kharkiv, Ukraine
vadimsamorodov@mail.ru

Eugene Pelipenko

National Technical University
"Kharkiv Polytechnic Institute",
PhD Student at Department of Car and Tractor Industry
Kharkiv, Ukraine
pelipenkoeugene@gmail.com

**ANALYSIS OF THE DEVELOPMENT MODERN
TRANSMISSION WHEELED TRACTORS**

Abstract. The paper analyzes the objective conditions of Ukrainian tractor

rise to a higher level by development of production power tractors 170-240 hp with continuously variable hydrovolumetric-mechanical transmissions (HVMT). Such transmissions first developed by scientists the former Soviet Union of the Department of Car and Tractor Industry National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute" with specialists Kharkiv Tractor Plant (KhTP). Testing prototypes of tractors and HTZ-21021 and HTZ-242K in field conditions proved the effectiveness HVMT developed for different farming technologies, which in turn enables the production of tractors "HTZ" able to competitively in the global market.

The use HVMT provides a new consumer quality tractors while maintaining their place in the public sector market of wheeled tractors.

The paper described the differences in the application of continuously variable hydrovolumetric mechanical transmissions compared to a speed manual transmission. In addition, differences in the use described hydrovolumetric mechanical transmissions, operating under the "differential at the entrance," "differential output" and with variable structure.

Keywords: import, wheeled tractor transmission, continuously variable transmission, hydrovolumetric mechanical transmission

Formulas: 0, fig.: 7, tabl.: 0, bibl.: 12

Вступ. В світовому тракторобудуванні розвиток конструкцій колісних тракторів направлено на підвищення техніко-економічних показників перш за все в тяговому режимі, а також на покращення умов праці оператора-водія на усіх режимах роботи трактора. В останні роки це досягається за рахунок безступінчастості трансмісії, автоматизації процесу керування, підвищення ергономічних властивостей, тощо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В агропромисловому секторі доцільно використовувати, як для технологічних, так і для транспортних операцій, універсальні трактори (потужністю 240 – 390 к.с.). Така тенденція пояснюється можливістю охопити переважну більшість робіт на технологічному та транспортному режимах, а також у зв'язку з необхідністю підвищення продуктивності.

В ході дослідження тракторного ринку України (з матеріалів [Метёлкин 2015]) з'ясовано, що за підсумками 2014 року український ринок обрушився більш ніж в 2,5 рази в порівнянні з результатами попереднього року, коли в Україні було поставлено рекордну кількість машин цього класу – 1440 од. Такі дані отримані в результаті проведених опитувань і інтерв'ю з учасниками українського ринку сільськогосподарської техніки.

В матеріалах [Метёлкин 2015] вказано, що трійка лідерів цього сегменту залишається незмінною. Це корпорації CNH (Case IH, New Holland), John Deere, AGCO (Fendt, Challenger, Massey Ferguson).

Метою дослідження є аналіз об'єктивних умов зростання українського тракторобудування на більш високий рівень за рахунок розвитку виробництва тракторів потужністю 170-250 к.с. з безступінчастими гідрооб'ємно-механічними трансмісіями. Для цього необхідно проаналізувати імпорт колісних тракторів в Україну і доцільність використання колісних тракторів з гідрооб'ємно-механічними трансмісіями.

Результати досліджень. Трактори, вироблені корпораціями CNH (Case IH, New Holland) і John Deere, як і раніше домінують на ринку, займаючи понад 70% в загальному обсязі поставок. При цьому корпорація CNH (Case IH, New Holland), як і в минулому році, змогла забезпечити відрив від свого найближчого конкурента John Deere і посіла перше місце серед лідерів даного сегменту на українському ринку сільгосптехніки. Необхідно відзначити, що з кожним роком частка тракторів New Holland збільшується в

портфелі корпорації CNH [Метёлкин 2015].

Третє місце займає корпорація AGCO, яка представлена на ринку тракторів трьома брендами: Fendt, Challenger, Massey Ferguson. Як і раніше, німецькі трактора Fendt є ударною силою корпорації в цьому сегменті і на протязі багатьох років забезпечують їй місце в трійці лідерів на українському ринку тракторів потужністю 240-390 к.с. Питома частка тракторів Challenger в портфелі корпорації зменшилася в порівнянні з показником минулого року, а ось поставки тракторів марки Massey Ferguson показали позитивну динаміку зростання [Метёлкин 2015].

Компанія Claas в 2014 році змогла зберегти четверте місце, яке по праву займає протягом багатьох років, випередивши в таблиці лідерів відомі бренди: VERSATILE (BUHLER), DEUTZ-FAHR, які показали більш скромні результати за підсумками минулого року [Метёлкин 2015].

Сегмент тракторів потужністю 240-390 к.с. досить швидко відновився після кризи 2009 року. Вже в 2012 році обсяги поставок в Україну досягли рекордного рівня 2008-го, а за підсумками 2013 року було завезено 1440 од., що стало новим рекордом на ринку тракторів. На рис. 1 наведено результати імпорту тракторів потужністю 240 – 390 к.с. в 2014 році в розрізі брендів [Метёлкин 2015].

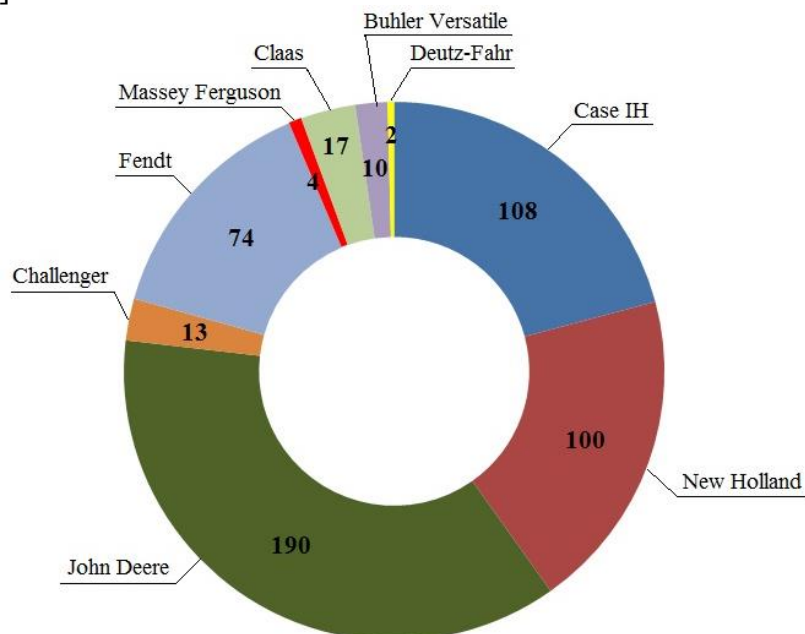
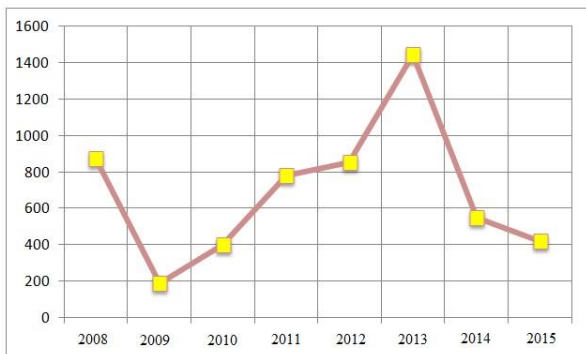


Рисунок 1 – Імпорт тракторів потужністю 240 – 390 к.с. в 2014 році в розрізі брендів

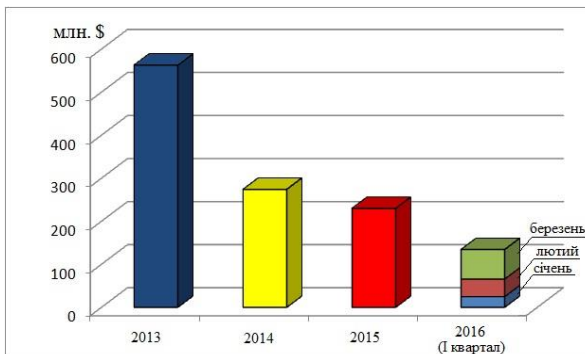
Джерело: побудовано за власними дослідженнями

Згідно з матеріалів [AgroUkraine 2016] в Україні за підсумками 2013 року спостерігається максимальний імпорт колісних тракторів. Проте девальвація гривні і військово-політична криза 2014 – 2016 року внесли свої корективи в розвиток одного з найбільш динамічних сегментів українського ринку сільськогосподарської техніки. На рис. 2 наведено об'єм річних надходжень колісних тракторів в Україну.

На основі аналізу імпорту колісних тракторів помічається, що попитом користуються моделі, які оснащені автоматичними ступінчастими механічними трансмісіями (Powershift) (John Deere, Challenger, New Holland, тощо), але все більшої популярності набирають трактори, що оснащені безступінчастими трансмісіями (Case IH Magnum, Fendt 936 Vario, Massey Ferguson серії MF, тощо) [Самородов, Бондаренко, Кожушко, Пелипенко, Мітцель 2014].



а)



б)

Рисунок 2 – Обсяг річних надходжень колісних тракторів в Україну:
а – за 2008 – 2015 року; б – за 2013 – 2016 (I квартал)

Джерело: побудовано за власними дослідженнями

В роботах [Самородов, Бондаренко 2013; Кожушко 2016 и др.] відмічається доцільність використання безступінчастих двопотокових гідрооб'ємно-механічних трансмісій, що підкреслюється перевагами в порівнянні зі ступінчастими механічними трансмісіями – це:

- безступінчасте регулювання швидкості руху та сили тяги в широкому діапазоні;

- висока компактність при невеликій масі і габаритних розмірах, що пояснюється застосуванням меншого числа валів, шестерень, муфт та інших механічних елементів;

- можливість комплексного гальмування гідрооб'ємною передачею за рахунок зміни параметру регулювання гідромашини і штатною тормозної системи, істотно підвищує ефективність і надійність гальмової системи трактора;

- здійснення швидкого та симетричного реверсу для деяких схемних рішень ГОМТ;

- значно краще автоматизується у порівнянні зі ступінчастими механічними трансмісіями, що покращує умови праці водія;

- підвищення ергономічних показників трактора при виконанні технологічних операцій;

- підвищення прохідності трактора шляхом безперервного потоку потужності та плавної зміни моменту;

- підвищує надійність роботи двигуна і механічної частини трансмісії завдяки демпфуючим властивостям робочої рідини гідрооб'ємної передачі.

При дослідженні безступінчастих двопотокових гідрооб'ємно-механічних трансмісій необхідно відмітити, що вони мають конструктивні особливості, а саме можуть бути виконані за схемами «диференціал на вході» (Vario), «диференціал на виході» (S-Matic, Ecom, VDC (Variable Double Clutch)) та зі змінною структурою (MALI WSG 500) [Aitzetmüller 1999; Renius, Resch 2005; Steindorf 2010; Rydberg 2010; Pettersson 2013].

Порівнюючи особливості двопотокових гідрооб'ємно-механічних трансмісій необхідно зазначити їх головну відмінність. У ГОМТ, виконаних за схемою «диференціал на вході», відсутня циркуляція потужності у двопотоковому контурі при русі трактора вперед, але в режимі заднього ходу має місце циркуляція. У ГОМТ, виконаних за схемою «диференціал на виході», має місце циркуляція потужності у двопотоковому контурі при русі трактора вперед на першій половині швидкісного діапазону до зміни знаку параметра регулювання ГОМТ. При таких же умовах циркуляція має місце і в режимі заднього ходу [Самородов, Таран 2012].

На основі багаторічного аналізу конструктивних особливостей і

техніко-економічних показників закордонних тракторів з двопотоковими ГОМТ на наш погляд можна стверджувати, що найбільш пріоритетною схемою таких трансмісій є схема з «диференціалом на виході», менш ефективними на наш погляд є схеми ГОМТ з «диференціалом на вході», це пояснюється тим, що у ГОМТ з «диференціалом на виході» робочі технологічні тягово-швидкісні режими забезпечуються поблизу нульового параметру регулювання ГОМТ, тобто при мінімальній потужності, яка при цьому проходить через гідравлічну гілку, а велика частина потужності (майже до 97%) проходить через механічну гілку з високим ККД. У ГОМТ з «диференціалом на вході» потужність гідравлічної гілки ніколи не наближається до нуля, тому більша частина потужності двигуна (в порівнянні з «диференціалом на виході») проходить через гідравлічну гілку з нижчим в порівнянні з механічною гілкою ККД, тому ККД тракторів з ГОМТ виконаних за схемою з «диференціалом на вході» завжди нижче, ніж у ГОМТ зі схемами «диференціалом на виході».

Таким чином, аналізуючи тенденції розвитку закордоном тракторів з безступінчастими ГОМТ треба негайно ставити питання про серійне виробництво вітчизняних тракторів з безступінчастими трансмісіями

Першими в цьому напрямку на пострадянському просторі почали працювати науковці кафедри автомобіле- і тракторобудування Національного технічного університету «Харківського політехнічного інституту» (НТУ «ХПІ»), Індустріальна група "Українська промислова енергетична компанія" (ІГ УПЕК) і Харківський тракторний завод (АТ «ХТЗ») (см. рис.3).

Значного успіху здобуло об'єднання науковців кафедри та фахівців АТ "ХТЗ", які спільними зусиллями створили вперше на пострадянському просторі зразок безступінчастої гідрооб'ємно-механічної трансмісії (ГОМТ-1С) (рис.3). Ця трансмісія успішно випробувана на колісних тракторах серії ХТЗ-21021 і ХТЗ-242К. ГОМТ розрахована на трактори виробництва АО "ХТЗ" як потужністю двигунів 125 ... 176 кВт (170 ... 240 к.с.) так і для тракторів типу ХТЗ-150К, ХТЗ-17021, ХТЗ-17221 вторинного ринку [Калінін, Самородов, Деркач, Забелишинський, Шуба, Шаповалов 2012].

Крутний момент від двигуна 7 (рис. 3) розподіляється на дві частини. Перша частина передається за рахунок зміни кута нахилу шайби гідронасосу 1 на гідромотор 2, далі через зубчасту передачу 5 на першу сонячну шестірню 10 планетарного ряду (ПР) 3. Друга частина моменту двигуна 7 підводиться до другої сонячної шестірні 8 ПР 3. Обидва потоки складаються на водилі 11 ПР 3. З водила 11 ПР 3 сумарний крутний момент через одну з передач пристрою перемикачів діапазонів 6 передається на вихідний вал 12, звідки кінематично передається до ведучих коліс.

Зміна швидкості руху трактора від мінімального до максимального в межах кожного швидкісного технологічного діапазону забезпечується регулюванням кута нахилу шайби гідронасосу 1 від мінімального значення до максимального при постійному максимальному куті нахилу шайби гідромотора 2.

При використанні ГОМТ-1С на колісному тракторі ХТЗ-21021, при русі вперед реалізуються наступні безступінчасті швидкісні діапазони: 0 – 7,2 км/год; 0 – 12,8 км/год; 0 – 21,5 км/год; 0 – 40,0 км/год. Дані діапазони швидкості повністю реалізують потреби фермерських господарств, як на тяговому режимі (в ході виконання операції оранки, культивування, боронування, тощо), так і на транспортному режимі.

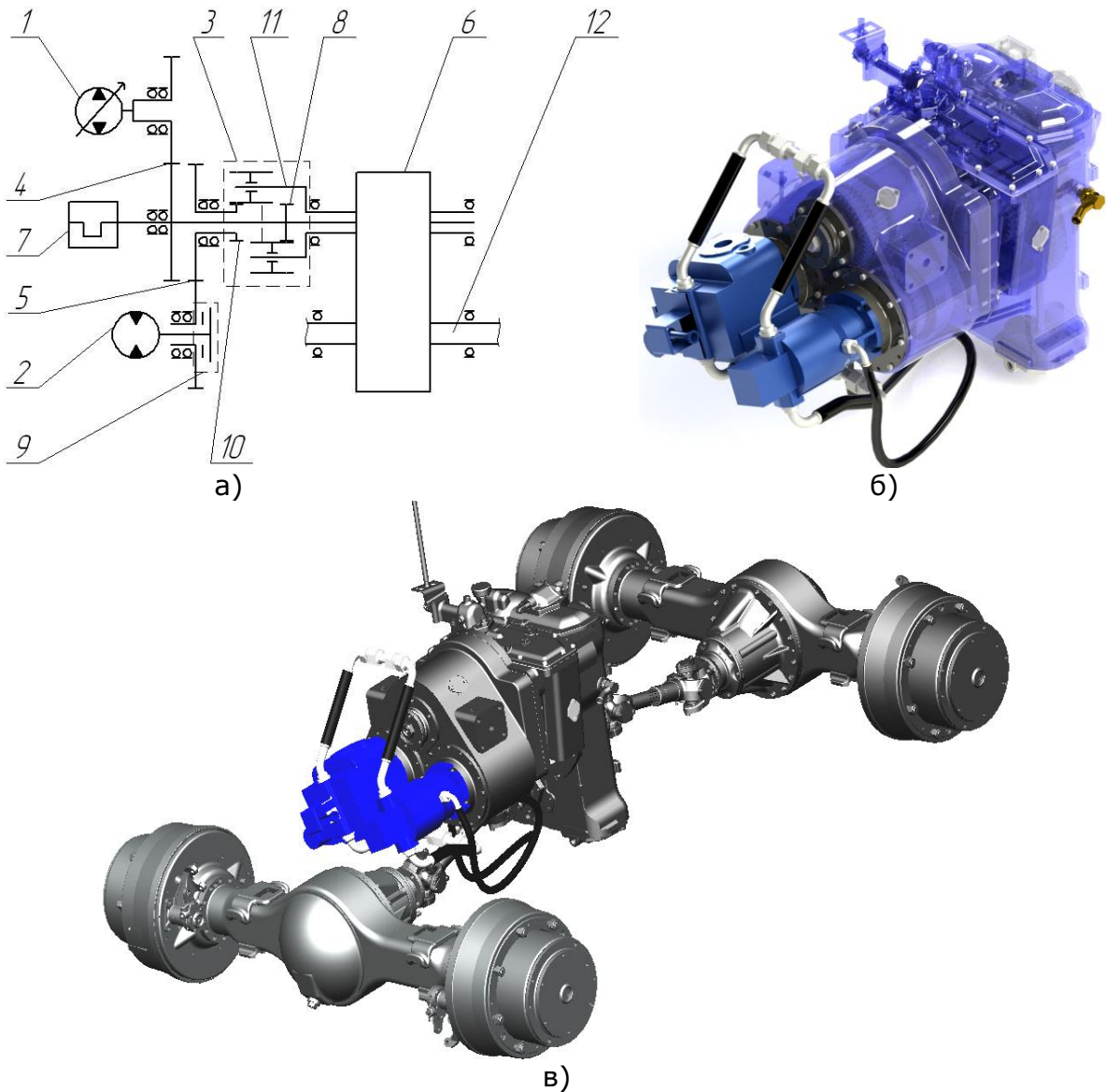


Рисунок 3 – Перспективна ГОМТ-1С:

а – кінематична схема; б – 3-D зображення ГОМТ-1С; в – 3-D зображення трансмісії колісного трактора серії ХТЗ-170/240; 1 – гідронасос; 2 – гідромотор; 3 – ПР; 4, 5 – зубчасті передачі; 6 – пристрій для перемикання діапазонів; 7 – двигун; 8, 10 – сонячні шестірні; 9 – фрикційна муфта; 11 – водило; 12 – вихідний вал
Джерело: побудовано за власними дослідженнями

Однією з особливостей розробленої трансмісії є те, що її можна встановити замість механічної трансмісії з невеликою зміною конструкції щодо системи управління ГОМТ.

Проведено польові випробування на оранці, культивуванні, дискування, які підтвердили ефективність створеної безступінчастої трансмісії. На АТ «ХТЗ» готується до випуску перша партія тракторів з безступінчастою трансмісією ГОМТ-1С в кількості 12 штук (Рис.4).



Рисунок 4 – Трактор ХТЗ-21021 з ГОМТ-1С на польових випробуваннях (дискуванні) 29.04.2015 в Харківський обл.

Джерело: спільні випробування дослідного трактора під керівництвом і участю авторів

Таким чином, на сьогоднішній день складається така ситуація з розвитком безступінчастої ГОМТ на Україні. Перш за все через стрибок долара суттєво підвищилися ціни на імпортні трактори, і в 2014-2015 році позначилося різке падіння їх продажів в Україні, потреба в тракторах з безступінчастою трансмісією залишилася невдоволеною. Україна має передове машинобудівне підприємство з виготовлення гідромашин об'ємного типу, основних елементів безступінчастих трансмісій. АТ "ХТЗ" в 2015 році вийшов практично на новий рівень будування колісних тракторів для потужностей двигуна 170 ... 240 к.с. – адаптовані нові типи двигунів, включаючи VOLVO, впроваджена нова навіска, трактор отримав новий дизайн (встановлено сучасне зовнішнє пластикове облицьовування і розроблений новий інтер'єр кабіни). Безступінчата ГОМТ, встановлена на тракторах АТ "ХТЗ" може бути ефективно використана на вторинному ринку, ціна трактора дещо збільшиться, але продовжує залишатися в бюджетному сегменті ринку. Саме перераховані вище фактори об'єктивно змушують найактивнішим чином зайнятися виробництвом на АТ "ХТЗ" нових вітчизняних тракторів, які будуть затребувані на українському і зарубіжних ринках.

Висновки. Необхідно ставити питання на державному рівні про серійне виробництво тракторів з безступінчастими трансмісіями розробки НТУ "ХПІ" і АТ "ХТЗ" для виходу українського тракторобудування на світовий рівень. Етап розробки і випробування пройдено – трактори з зазначеними трансмісіями показали високу ефективність.

Література

Импорт тракторов в Украину (Инфографика). (2016). AgroUkraine. Аграрные новости Украины. Аналитика. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ukragroconsult.com/news/ukraina-v-marte-velichila-import-traktorov>.

Кожушко, А. П. (2016). *Підвищення техніко-економічних показників колісних тракторів з безступінчастими трансмісіями раціональною зміною параметрів регулювання гідромашин в процесі розгону*: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.02 «Автомобілі

- та трактори» / Кожушко Андрій Павлович. – Харків. – 24 с.
- Метёлкин, В. (2015). *Рынок энергонасыщенных тракторов по итогам 2014 года обрушился более чем в 2,5 раза (АПК-Информ: ИТОГИ №8)*. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.apk-inform.com/ru/exclusive/topic/1042104#.VnPqGraLTIU>
- Пат. на кор. модель 66540 Україна, МПК F16H 47/00. *Гідрооб'ємно-механічна трансмісія транспортного засобу* / С.В. Калінін, В.Б. Самородов, О.І. Деркач, З.Е. Забелишинський, С.О. Шуба, Ю.К. Шаповалов; заявник та патентообладач НТУ «ХПІ» (Україна). – № у 2011 07114; заявл. 06.06.2011; опубл. 10.01.2012, Бюл. № 1.
- Самородов, В. Б. (2014). Перспективні трансмісії колісних тракторів / В.Б. Самородов, А.І. Бондаренко, А.П. Кожушко, Є.С. Пелипенко, М.О. Мітцель // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. – Харків: НТУ «ХПІ». – № 10 (1053). – С. 3 – 10.
- Самородов, В. Б. (2013). Перспективні гідрооб'ємно-механічні трансмісії для колісних тракторів сільськогосподарського призначення / В.Б. Самородов, А.І. Бондаренко // *Автомобильный транспорт*. – № 32. – С. 12 – 17.
- Самородов, В. Б. (2012). Аналіз розподілу потоків потужності з урахуванням ККД гідрооб'ємної передачі в двопотокових безступінчатих гідрооб'ємно-механічних трансмісіях з диференціалом на виході / В.Б. Самородов, І.О. Таран // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. – Харків: НТУ «ХПІ». – № 64. – С. 3–8.
- Aitzetmüller, H. (1999). Steyr S-Matic – The Future Continuously Variable Transmission for all Terrain Vehicles // *13th International Conference of the ISTVS: Munich (Germany) / International society for terrain vehicle system*. – P. 463 – 470.
- Pettersson, K. (2013). *Design Automation of Complex Hydromechanical Transmissions* / K. Pettersson. – Linköping: Division of Fluid and Mechatronic Systems Department of Management and Engineering Linköping University. – 85 p.
- Renius, K. T., & Resch R. (2005). *Continuously variable tractor transmission* // Agricultural Equipment Technology Conference, 14 – 16 February 2005, Louisville (Kentucky, USA) / Agricultural Engineering (General). – 37 p.
- Rydberg, K. (2010). Hydro-mechanical Transmissions / K. Rydberg // *Fluid and Mechatronic Systems*. – № 2. – P. 51 – 60.
- Steindorf, K. (2010). Trends Land-maschinen und Traktoren // *Olhydraulik und Pneumatik*. – № 1 – 2.

References

- Aitzetmüller, H. (1999). Steyr S-Matic – The Future Continuously Variable Transmission for all Terrain Vehicles // *13th International Conference of the ISTVS: Munich (Germany) / International society for terrain vehicle system*. – P. 463 – 470.
- Import of tractors to Ukraine (Infographics)*. (2016). AgroUkraine. Agriculture news from Ukraine. Analytics. Retrieved from: <http://www.ukragroconsult.com/news/ukraina-v-marte-uvelichila-import-traktorov>.
- Metyolkin, V. (2015). *Market power tractors on results of 2014 has fallen by more than 2.5 times (APK-Inform: RESULTS №8)*. Retrieved from: <http://www.apk-inform.com/ru/exclusive/topic/1042104#.VnPqGraLTIU>.

- Kozhushko, A. P. (2016). *Improving technical and economic indicators of wheeled tractors with continuously variable transmission by a rational change of regulation hydromachines parameters during acceleration: the thesis of dissertation for obtaining a scientific degree of Candidate of Science (Technology) on the specialty 05.22.02 – automobiles and tractors* / Kozhushko Andriy Pavlovich. – Kharkiv. – 24 p.
- Pat. utility model 66540 Ukraine, IPC F16H 47/00. (2012) *Hydrovolumetric mechanical transmission vehicle* / S.V. Kalinin, V.B. Samorodov, O.I. Derkach, Z.E. Zabyelyshynskyy, S.O. Shuba, J.K. Shapovalov; applicant and proprietor NTU "KPI" (Ukraine). - № u 2011 07114; appl. 06.06.2011; publ. 10.01.2012, Bull. Number 1.
- Pettersson, K. (2013). *Design Automation of Complex Hydromechanical Transmissions* / K. Pettersson. – Linköping: Division of Fluid and Mechatronic Systems Department of Management and Engineering Linköping University. – 85 p.
- Renius, K. T., & Resch R. (2005). *Continuously variable tractor transmission* // Agricultural Equipment Technology Conference, 14 – 16 February 2005, Louisville (Kentucky, USA) / Agricultural Engineering (General). – 37 p.
- Rydberg, K. (2010). Hydro-mechanical Transmissions / K. Rydberg // *Fluid and Mechatronic Systems*. – № 2. – P. 51 – 60.
- Samorodov, V. B. (2014). *Prospective transmission wheel tractor* / V.B. Samorodov, A.I. Bondarenko, A.P. Kozhushko, E.S. Pelipenko, M.O. Mittsel // *The bulletin of the National Technical University "KPI"*. – Kharkov: NTU "KPI». – № 10 (1053). – P. 3 – 10.
- Samorodov, V. B. (2013). Prospective hydrovolumetric mechanical transmissions for wheeled tractors agricultural purpose / V.B. Samorodov, A.I. Bondarenko // *Automobile transport*. – № 32. – P. 12 – 17.
- Samorodov, V. B. (2012). Analysis of the distribution power flow considering the efficiency of hydraulic continuously variable two-flow hydrovolumetric-mechanical transmission with differential output / V.B. Samorodov, I.O. Taran // *The bulletin of the National Technical University "KPI"*. – Kharkov: NTU "KPI». – № 64. – P. 3 – 8.
- Steindorf, K. (2010). Trends Land-maschinen und Traktoren // *Olhydraulik und Pneumatik*. – № 1 – 2.

*Data przesłania artykułu do Redakcji: 22.06.2016
Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 23.06.2016*