

Лебедєв А.Т.,  
Шуляк М.Л.,  
Шевченко І.О.

«Харківський національний технічний  
університет сільського господарства  
ім. Петра Василенка»,  
м. Харків, Україна  
E-mail: mihail\_shulyak@mail.ru

## ОСНОВНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТРАНСМІСІЙ КОЛІСНИХ ТРАКТОРІВ

УДК 629.3.014.2-235

*В статті наведений аналіз використання трансмісії тракторів з позиції системного підходу. Виявлений принцип вибору найбільш затребуваних тракторів з трансмісіями, які дозволяють найбільш ефективно їх використовувати у конкретному регіоні при цьому враховується не тільки кон'юнктура ринку і пропозиції фірм-конкурентів, але і напрямки господарської діяльності та природно-кліматичні умови.*

*Затребуваність тракторів на світовому ринку зазвичай оцінюється за кількістю моделей які пройшли випробування за останні роки. Виявлено що на світовому ринку найбільш затребувані трактори з трансмісіями діапазонного типу з перемиканням передач під навантаженням в межах діапазону, трансмісіями з синхронізованими коробками зміни передач та коробками з шестернями постійного зачеплення муфт. Одночасно збільшилася кількість випробувань тракторів з гід्रोоб'ємно-механічними трансмісіями за даний період, що свідчить про підвищення попиту на дані трактори на світовому ринку.*

*Слід зазначити, що на тракторах невеликих і середніх потужностей застосовується переважно трансмісії з синхронізованими коробками передач. На тракторах потужністю*

*150-260 к.с. застосовують безступінчасті двопотокові трансмісії значно частіше, ніж трансмісії з перемиканням передач під навантаженням. На 52 % тракторів потужністю 260-400 к.с. відмічено застосування безступінчастих двопотокових трансмісій.*

*В статті проведений аналіз тенденцій розвитку трансмісій колісних тракторів та визначено збільшений попит на світовому ринку, особливо для західноєвропейського регіону на трактори з безступінчастими гідрооб'ємно-механічними трансмісіями фірми Fendt. На ринку України в останні роки відмічено підвищений попит на трактори даної фірми.*

**Ключові слова:** трактор, трансмісія, гідрооб'ємно-механічна, коробка передач.

### Постановка проблеми

В умовах ринкової економіки найбільш затребувані трактори з трансмісіями, які дозволяють найбільш ефективно їх використовувати у конкретному регіоні. При цьому враховується не тільки кон'юнктура ринку і пропозиції фірм-конкурентів, але і напрямки господарської діяльності, природно-кліматичні умови і інші особливості даних регіонів. В зв'язку з цим вибір оптимального варіанту трансмісії трактора, яка визначає переважно його тягово-швидкісні властивості, є одним із ключових питань при розробці нових моделей тракторів і модернізації існуючих.

### Аналіз останніх досліджень

Викладення питань проектування трансмісій тракторів з позиції системного підходу приведені у роботах [1, 2], які є основними при розробці механічних трансмісій тракторів. У даних роботах відмічається також перспективність застосування на тракторах безступінчастих трансмісій, які отримали в останні роки розповсюдження у складі двопотокових гідрооб'ємно-механічних трансмісій закордонних тракторів [3, 4, 5, 6, 7]. Популярність безступінчастих трансмісій безперервно росте, що стає очевидним з пос-

тійного збільшення об'ємів виробництва тракторів фірми "Fendt", яка є піонером в створенні гідрооб'ємно-механічних трансмісій в тракторобудуванні.

Співавтор даної статті І.О. Шевченко, знаходячись у відрядженні на фірмі "Fendt" м. Марктобердорф, (Німеччина), переконався у високій технологічності виготовлення тракторів на даній фірмі і сучасній методиці їх випробувань.

### **Мета дослідження**

Обґрунтування тенденцій розвитку трансмісій колісних тракторів і систематизація результатів випробувань трактора Fendt Favorit 820.

### **Основна частина**

Затребуваність тракторів на світовому ринку зазвичай оцінюється за кількістю моделей, які пройшли випробування за останній роки у Небрасці (США) і DLGeV (Німеччина) [8]. Аналіз пройдених випробувань тракторів різних фірм-виробників за 2011-2015 рр. показав, що на світовому ринку найбільш затребувані трактори з трансмісіями діапазонного типу з перемиканням передач під навантаженням в межах діапазону (36,7 %) і трансмісіями з синхронізованими коробками передач (КП) і коробками з шестернями постійного зачеплення муфт (31,4 %), хоча попит на трактори з даними трансмісіями у 2015 р. в порівнянні з 2011 р. знизився на 2,0...2,5 %. Одночасно збільшилася кількість випробувань тракторів з гідрооб'ємно-механічними трансмісіями за даний період від 18,9 % до 23,4 %, що свідчить про підвищення попиту на дані трактори на світовому ринку. Кількість тракторів з трансмісіями з перемиканням передач під навантаженням, які пройшли випробування у даних випробувальних центрах, практично не змінилося (2011 р. – 8,6 %, 2015 р. – 8,5 %).

Слід зазначити, що на тракторах невеликих і середніх потужностей застосовується переважно трансмісії з синхронізованими коробками передач: 95 % – моделі потужністю 40-60 к.с., 75 % – потужністю – 60-80 к.с., 56 % – потужність – 80-110 к.с..

На тракторах потужністю 150-260 к.с. застосування безступінчастих двопотокових трансмісій досягло 48 %, значно перевищивши частку трансмісій з перемиканням передач під навантаженням. На тракторах потужністю 260-400 к.с., які пройшли випробування у 2015 р. [8], відмічено застосування безступінчастих двопотокових трансмісій на 52 % тракторів.

Аналізуючи тенденції розвитку трансмісій колісних тракторів стосовно КЗП можна відмітити наступне:

- зменшення застосування синхронізованих КП на тракторах великих і середніх потужностей (більше 150 к.с.) на користь безступінчастих і діапазонних з перемиканням передач під навантаженням;
- збільшення номенклатури застосування безступінчастих трансмісій. Якщо у 2004 р. принципів схем серійно випущених безступінчастих коробок передач було усього три (Eссom, S-Matic, Vario), то у 2015 р. їх було вже дванадцять;
- відмова деяких виробників від КП з усіма передачами, які перемикалися під навантаженням (Landini, Claas, New Holland, Case), на користь безступінчастих трансмісій;
- розробка високотехнологічних безступінчастих коробок передач з гіперболічною залежністю між швидкістю руху трактора і моментом на ведучих колесах, що дозволяє автоматизувати тягово-швидкісні показники трактора;
- намітився напрямок використання у тракторобудуванні електричної енергії шляхом встановлення на КЗП генератора потужності 50-70 кВт (трансмісія ZF-Terra) для електричних проводів вентилятора, компресора, вала відбору потужності трактора, на

привод ведучих коліс машин що агрегуються.

Відзначаючи високу затребуваність на світовому ринку, особливо на західноєвропейському, на трактори з безступінчастими гід्रोоб'ємно-механічними трансмісіями переважно фірми "Fendt", слід зазначити на підвищення попиту у останні роки на дані трактори на ринку України.

Фірма "Fendt" – єдина в даний час фірма, яка відмовилася від виробництва ступінчастих КП. Увесь модельний ряд тракторів цієї фірми (60-360 к.с.) оснащується безступінчастими двопотоковими трансмісіями AGCO Varіо, які забезпечують зміну швидкості трактора у діапазоні 0-50 км/год. за рахунок гідравлічної складової потоку потужності (рис. 1) [5].

Особливістю даної трансмісії є використання одного гідронасосу і двох регульованих гідромоторів, одного планетарного ряду, водило якого обертається від валу ДВЗ. Рушання трактора відбувається у режимі повного потоку потужності від двигуна через гідрооб'ємну передачу (гідронасос-гідромотор). Робочий і транспортний діапазони є двопотоковими, але у процесі розгону трактора кут нахилу блоку циліндрів гідромоторів зменшується до нуля і на максимальній швидкості руху трактора (50 км/год.) трансмісія працює як ланцюг механічних редукторів.

Трансмісія Fendt-Varіо має два швидкісні діапазони [0; 32 км/год.] і [0; 50 км/год.], які забезпечуються перемиканням муфти діапазонів. В технологічному режимі роботи трактора, наприклад на оранці, при швидкості трактора 8 км/год. через гідравлічну ступінь передається 75 %, а через механічну – 25 % потужності двигуна. Фірма "Fendt" гарантує при цьому загальний ККД трансмісії рівний 0,81, який зберігається стабільним в інтервалі швидкостей руху трактора від 6 до 18 км/год.

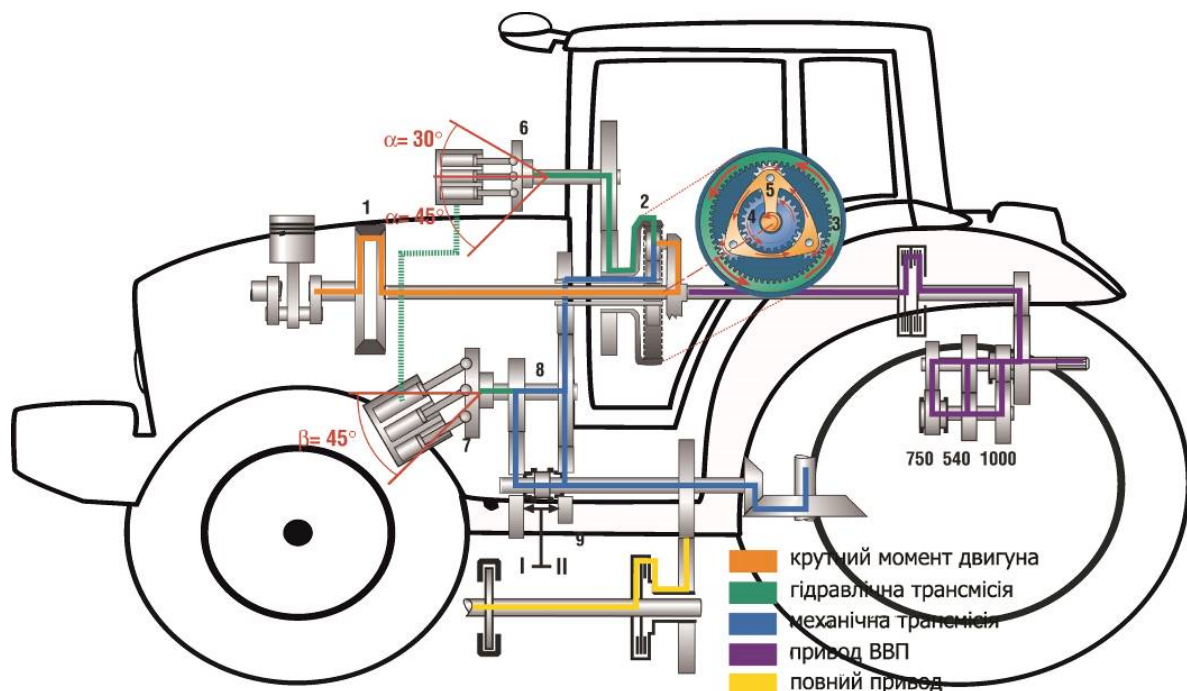


Рис. 1. Кінематична схема безступінчастої гідрооб'ємно-механічної трансмісії Fendt-Varіо трактора фірми Fendt: 1 – демпфуюча муфта (гаситель крутильних коливань); 2 – планетарна передача; 3 – корона шестерня; 4 – сонячна шестерня; 5 – водило; 6 – гідронасос; 7 – гідромотор; 8 – вал суматору; 9 – муфта перемикання діапазонів.

Трансмісія Fendt-Varіо відрізняється простотою за рахунок використання тільки одного планетарного ряду та гарної компоновки.

Високу якість роботи трансмісії забезпечує мікропроцесорне управління параметрами регулювання гідронасоса і гідромоторів одночасно.

Завдяки розширенню кінематичного діапазону за рахунок двомашинного регулювання трансмісії виключені режими циркуляції потужності, а отже і навантажуючі режими, які перевищують потужність ДВЗ.

До переваг безступінчастих гід्रोоб'ємно-механічних трансмісій відносяться:

- можливість заміни не тільки ступінчастої механічної коробки передач, але і всієї трансмісії трактора, забезпечуючи перемикання швидкісних діапазонів без зупинки і розриву потоку потужності;
- безступінчасте регулювання трансмісії сприяє найкращій адаптації трактора до виконання технологічного процесу, забезпечуючи на основі відповідного вибору регулюючих характеристик можливість максимального завантаження двигуна;
- підвищується керованість трактора у порівнянні з механічною трансмісією, оскільки дає змогу змінювати у широких інтервалах тягове зусилля на ведучих колесах при достатньо малих зусиллях на органах керування;
- забезпечує ефективне гальмування трактора за рахунок дисипації енергії гальмування, розвантажуючи при цьому гальмівну систему;
- сприяє підвищенню надійності двигуна завдяки демпфуючим властивостям робочої рідини гідропередачі, в результаті чого усувається жорсткий кінематичний зв'язок ведучих коліс трактора з двигуном;
- легше автоматизується у порівнянні із ступінчастими механічними трансмісіями, що спрощує керування трактором.

До основних недоліків даної трансмісії можна віднести:

- знижений на 7-10 % ККД у порівнянні з механічними трансмісіями трактора;
- при перемиканні діапазонів у контурі, у якому розташована гідропередача, може стрибкоподібно змінюватися потужність і тиск робочої рідини, що призводить до ударних режимів роботи;
- підвищена чутливість до температури навколишнього середовища внаслідок зміни в'язкості робочої рідини, що призводить при низьких і високих температурах до погіршення технічних характеристик трансмісії.

Випробування тракторів фірми Fendt у міжнародних випробувальних центрах [8] направлено на оцінку їх споживчих властивостей. Обов'язково оцінюється енергетичні показники трактора у тяговому режимі, при відборі потужності через ВВП при важкому і помірному навантаженні і роботі на різних видах палива (рис. 2).

У світовому тракторобудуванні намітилася тенденція розв'язку трансмісій тракторів з інтелектуальними системами керування, що відмічено нагородами на світовій виставці сільськогосподарської техніки у м. Гановер. Наприклад, трансмісія Fendt Vario Drive (див. рис. 1) постійно порівнює швидкість передньої і задньої осей ведучих мостів і регулює їх, що дозволяє уникати підвищеного буксування ведучих коліс трактора. При підвищеній різниці буксування коліс переднього і заднього мостів система Vario Drive передає крутний момент з одного моста на інший за допомогою муфти привода з інтелектуальною системою керування. Подібне інтелектуальне керування розподілом крутного моменту між мостами трактора сприяє підвищенню його ефективності. Крім того, інтелектуальна система керування трансмісією забезпечує відключення переднього моста при швидкостях руху трактора більш ніж 25 км/год., що підвищує ефективність роботи трактора на транспортних роботах і зменшує зношування шин коліс переднього моста

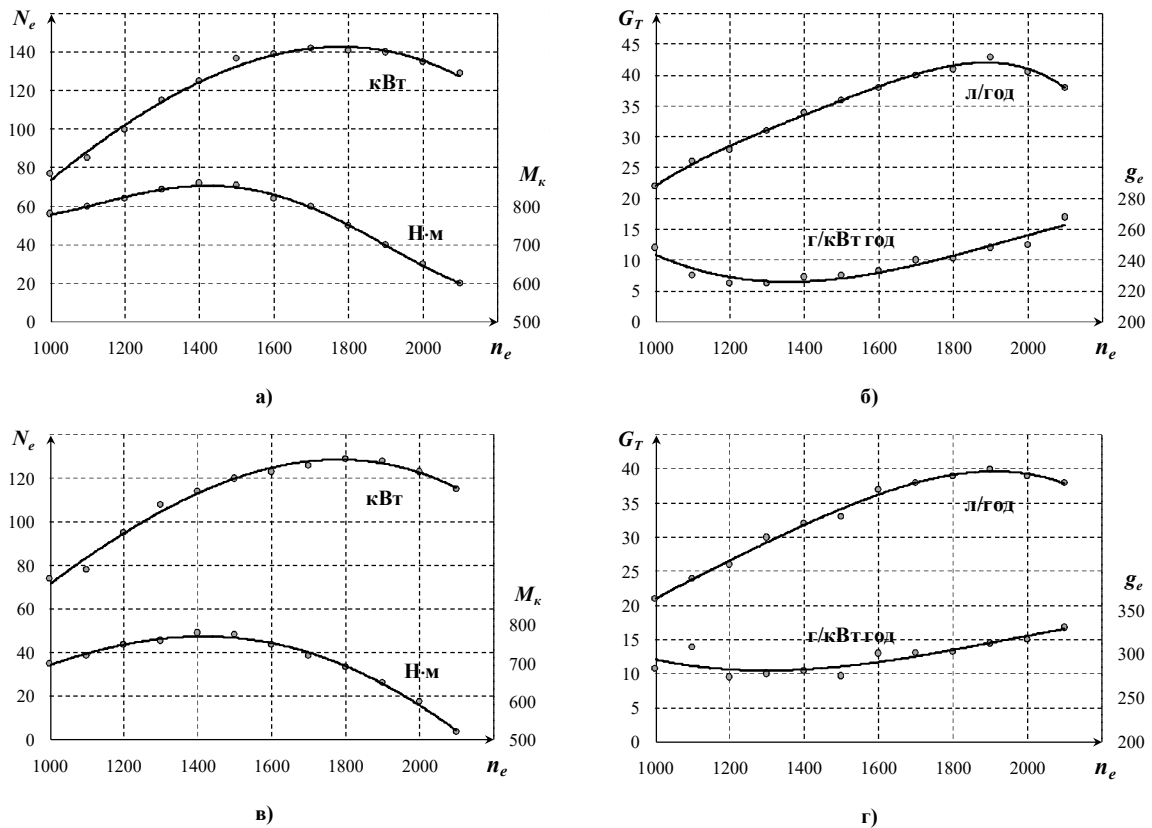


Рис. 2. Енергетичні показники трактора Fendt Vario 820 у тяговому режимі для різних видів палива: а), б) дизельне паливо; в), г) рапсова олія.

### Висновки.

1. Тенденція розвитку трансмісій тракторів визначається зниженням використання на тракторах синхронізованих коробок зміни передач на користь безступінчастих трансмісій.

2. На світовому ринку, особливо західноєвропейському, найбільш затребувані трактори з безступінчастими гід्रोоб'ємно-механічними трансмісіями фірми Fendt. На ринку України в останні роки відмічено підвищений попит на трактори даної фірми.

### Література

1. Анилович В.Я. Конструирование и расчет сельскохозяйственных тракторов [Текст]/ В.Я. Анилович, Ю.Т. Водолажченко. – М.: Машиностроение, 1976. – 456 с.
2. Тракторы. Проектирование, конструирование и расчет [Текст]/ Н.П. Ксенович, В.В. Гуськов, Н.Ф. Бочаров и др.; Под общ. ред. Н.П. Ксеновича. – М.: Машиностроение, 1991. – 544 с.
3. Бесступенчатые трансмиссии: расчет и основы конструирования [Текст] / Е.Е. Александров, В.Б. Самородов и др.; Под общ. ред. Е.Е. Александрова. – Харьков, ХГПУ, 1997. – 185 с.
4. Лебедев А.Т. Гидропневматические приводы тракторных агрегатов [Текст] / А.Т. Лебедев. – М.: Машиностроение, 1982. – 184 с.
5. Самородов В.Б. Критический обзор работ в области тракторных гидрообъемно-механических трансмиссий [Текст] / В.Б. Самородов, А.В. Рогов, М.Б. Бурлыга, Б.В. Самородов // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2003. – № 4 – С. 3-19.

6. Самородов В.Б. Обоснование оптимальных конструктивных параметров бесступенчатых трансмиссий трактора [Текст] / В.Б. Самородов, А.В. Рогов // Вестник НТУ «ХПИ». Тематический выпуск: Автомобиле- и тракторостроение. – 2010. – № 1 – С. 8-14.
7. Електронне джерело: <http://www.profi-mediacenter.com/eastspecial.html>.
8. Електронні джерела: <http://tractortestlab.unl.edu/> (Nebraska Tractor Test Laboratory), <http://www.dlg.org/home-de.html> (DLG e.V. – Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft)

## Summary

**Lebedev A., Shuliak M., Shevchenko I.** Major trends transmissions wheeled tractor

*The article gives an analysis of the use of tractor transmission from the position of the system approach. The principle of choosing the most popular tractors with transmissions has been identified, which allows them to be used most efficiently in a specific region. This not only takes into account the market situation and the proposals of competing firms, but also the directions of economic activity and natural and climatic conditions.*

*The demand for tractors in the world market is usually estimated by the number of models that have been tested in recent years. It is revealed that in the world market the most demanded tractors with transmissions of a range type with shifting gears under load within the range, transmissions with synchronized gearboxes and boxes with gears of constant muff coupling. At the same time, the number of tests of tractors with hydrostatic-mechanical transmissions increased during this period, which indicates an increase in demand for these tractors in the world market.*

*It should be noted that on tractors of small and medium power, it is mainly used transmissions with synchronized gearboxes. On tractors with a power of 150-260 hp, stepless two-stream transmissions are used much more often than transmissions with shifting gears under load. On 52% of tractors with a capacity of 260-400 hp, the application of stepless two-flow transmissions is noted.*

*The article analyzes the trends in the development of transmissions of wheeled tractors and shows an increase in demand in the world market, especially for the West European region, on tractors with a continuously variable hydraulic-mechanical transmission of Fendt. In the Ukrainian market in recent years, there has been an increase in demand for tractors of this company.*

**Keywords:** tractor, transmission, hydrostatic-mechanical, gear box.

## References

1. Anilovich V. Ya. Konstruirovaniye i raschet selskohozyaystvennyih traktorov [Tekst] / V. Ya. Anilovich, Yu. T. Vodolazhchenko. – M.: Mashinostroeniye, 1976. – 456 s.
2. Traktoryi. Proektirovaniye, konstruirovaniye i raschet [Tekst] / N. P. Ksenevich, V. V. Guskov, N. F. Bocharov i dr.; Pod obsch. red. N. P. Ksenevicha. – M.: Mashinostroeniye, 1991. – 544 s.
3. Besstupenchatyye transmissii: raschet i osnovyyi konstruirovaniya [Tekst] / E. E. Aleksandrov, V. B. Samorodov i dr.; Pod obsch. red. E. E. Aleksandrova. – Harkov, HGPU, 1997. – 185 s.
4. Lebedev A. T. Gidropnevmaticheskie privodyi traktornyih agregatov [Tekst] / A. T. Lebedev. – M.: Mashinostroeniye, 1982. – 184 s.
5. Samorodov V. B. Kriticheskiy obzor rabot v oblasti traktornyih gidroob'emno-mechanicheskikh transmissiy [Tekst] / V. B. Samorodov, A. V. Rogov, M. B. Burlyiga, B. V.

- Samorodov // Visnik Natsionalnogo tehnicnogo universitetu «HPI». – Harkiv: NTU «HPI». – 2003. – № 4 – S. 3-19.
6. Samorodov V.B. Obosnovanie optimalnyih konstruktivnyih parametrov besstupenchatyih transmissiy traktora [Tekst] / V.B. Samorodov, A.V. Rogov // Vestnik NTU «HPI». Tematicheskij vyipusk: Avtomobile- i traktorostroenie. – 2010. – № 1 – S. 8-14.
  7. Elektronne dzherelo: <http://www.profi-mediacenter.com/eastspecial.html>.
  8. Elektronni dzherela: <http://tractortestlab.unl.edu/> (Nebraska Tractor Test Laboratory), <http://www.dlg.org/home-de.html> (DLG e.V. – Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft)