

УДК 62-82:621.25

## СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ЗАСТОСУВАННЯ ГІДРОТРАНСМІСІЙ В ПРИВОДАХ САМОХІДНИХ СІЛЬСКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

*Іванов М.І. к.т.н, проф.*

*Мороз Ю.О*

*Вінницький національний аграрний університет*

*Рассматриваются эффективные схемы гидростатических приводов самоходных сельскохозяйственных машин. Описан принцип действия представленных гидротрансмиссий и их преимущество.*

*The considered effective schemes hydrostatic drives of self-propelled agricultural machines. The principle of the presented hydraulic transmissions and their advantage.*

**Вступ.** Важливим питанням підвищення продуктивності і покращення умов праці на самохідних сільськогосподарських машинах є гідрофікація привода ходу. Дана задача для самохідних сільськогосподарських машин може бути здійснена двома шляхами, перший з яких це використання безступінчастих трансмісій, а другий – використання ступінчастих трансмісій з автоматичним перемиканням передач. [1,3].

Другий шлях менш перспективний, так як він веде до ускладнення існуючих механічних ступінчастих трансмісій внаслідок автомата перемикання передач.

Більшість самохідних сільськогосподарських машин оснащені безступінчастими гідростатичними трансмісіями (ГСТ). Одна з основних переваг ГСТ – можливість корисного використання резервів потужності двигунів машин і підвищення за рахунок цього продуктивності.

До числа головних показників, які визначають якість гідропередачі, відноситься встановлена потужність гідромашини і ступінь її використання при роботі трансмісії, саме ці параметри визначають вартість, розміри і ККД трансмісії.

Високі значення робочих параметрів і широкі діапазони регулювання параметрів гідроприводів сучасних самохідних сільськогосподарських машин вимагають подальшого дослідження і вдосконалення.

**Аналіз досліджень і публікацій.** При детальному аналізі публікацій [1-5] можна дійти висновку, що провідні спеціалісти прикладають багато зусиль для підвищення тягового зусилля та ККД трансмісії.

У роботі [1] пропонується застосувати тихохідний високомоментний гідромотор (замість звичайного тихохідного), що за розрахунками НАТІ дозволяє збільшити ККД передачі приблизно на 5%.

Розрахунки показують, що така трансмісія (рис.1) може конкурувати по ККД з гідромеханічною, яка широко застосовується на сільськогосподарських тракторах.

Використання високомоментних гідромоторів особливо доцільно на гусеничних машинах по схемі з двома насосами регульованої продуктивності. При цьому гідромотори вбудовуються безпосередньо в ведучі зірочки, що практично виключає шестеренчасті передачі.

Можливість роздільного безступінчастого регулювання швидкостей лівої і правої гусениць в даному випадку дозволить замінити спеціальні механізми повороту і

забезпечувати рух з будь-яким радіусом аж до повороту навколо вертикальної осі машини, коли гусениці рухаються в протилежних напрямках.

Гідрооб'ємний привод самохідних сільськогосподарських машин, таких як зернозбиральні комбайни, де потрібний широкий діапазон робочих швидкостей машини, не забезпечують достатню глибину регулювання, тобто відношення максимальної швидкості до мінімально допустимої.

У зв'язку з цим при використанні гідрооб'ємної передачі на зернозбиральних комбайнах додатково між вихідним валом регульованого гідромотора і приводними колесами встановлюють коробку передач з понижуючою передачею. Це призводить до ускладнення конструкції і керованості комбайном, так як для вибору потрібного діапазону швидкостей, наприклад в комбайні "Дон -1500" необхідна зупинка комбайна, що призводить до втрати продуктивності комбайна при збиранні урожаю. Крім того, займаний коробкою передач технічний простір неможливо використовувати для компонування інших агрегатів.

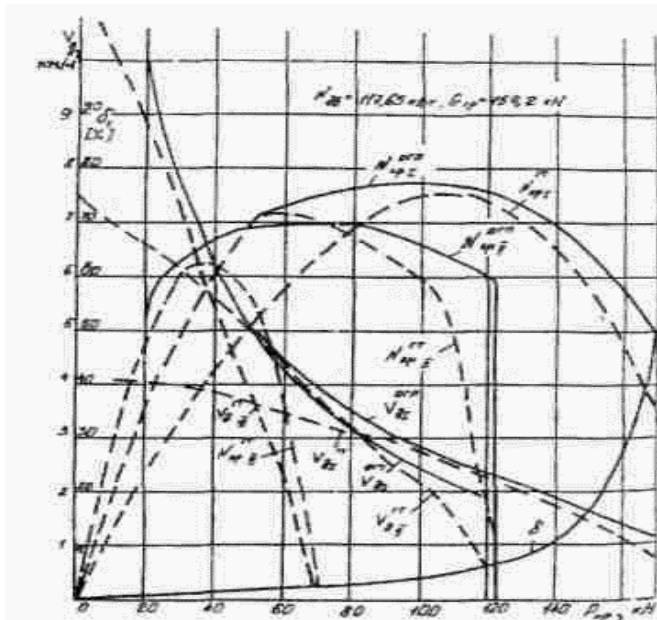


Рис. 1. Порівняння розрахункових тягових характеристик однотипних тракторів кл.10 з ГМТ (—) і ОГТ (---) і гідромотором МР-10 і насосом SPV-26 (індекси, зазначені римськими цифрами, відповідають включеному діапазону,  $N_{дв} = 117,65$  кВт,  $G_{тр} = 154,2$  кН) [1]

У гідротрансмісії з високомоментними гідромоторами передавальне число досягає 1000 і більше, тобто є можливість реалізації великих передавальних чисел, що дозволяє такій гідротрансмісії конкурувати з гідромеханічними трансмісіями.

В роботі [2] представлено гідрооб'ємну передачу, схемне рішення якої дозволяє отримати необхідну тягово-швидкісну характеристику моста без коробки передач, принципову схему якої представлено на рис.2. Тут зображено гідравлічну схему гідрооб'ємного привода самохідної машини з використанням для передачі потужності на приводні колеса мосту диференціала і тандему з гідромоторів.

Регульований насос 1 приводиться в дію від двигуна внутрішнього згорання і подає робочу рідину до тандему аксіально-поршневих моторів 2 і 3 з похилою шайбою, які підключені один до одного паралельно, причому їх вихідні вали з'єднані один з одним і

мають спільну вісь обертання. Крутний момент від вихідного вала гідромоторів 2 і 3 передається через диференціал 6 на колеса 7.

Робочий об'єм гідромотора 2 регулюється в діапазоні від максимального до мінімального, рівного нулю.

Регулювання подачі іншого гідромотора 3 здійснюється в діапазоні від максимального до заздалегідь встановленого значення, коли похила шайба при зменшенні кута нахилу впирається в заздалегідь виставлений фіксатор.

Необхідну швидкість руху машини оператор вибирає за допомогою важелів управління продуктивністю гідронасоса 1 і робочими об'ємами регульованих гідромоторів 2 і 3. Для збільшення швидкості руху машини збільшують продуктивність гідронасоса 1 при незмінному робочому об'ємі гідромоторів 2 і 3, або при максимальній продуктивності гідронасоса 1 зменшують робочі об'єми гідромотора 2 до нуля і гідромотора 3 до заздалегідь фіксованого значення. Такий перехід на роботу з двох гідромоторів на один рівносильний зміні діапазонів швидкостей з робочих на транспортні і відбувається без зупинки гідрооб'ємного привода, плавно і без ривків.

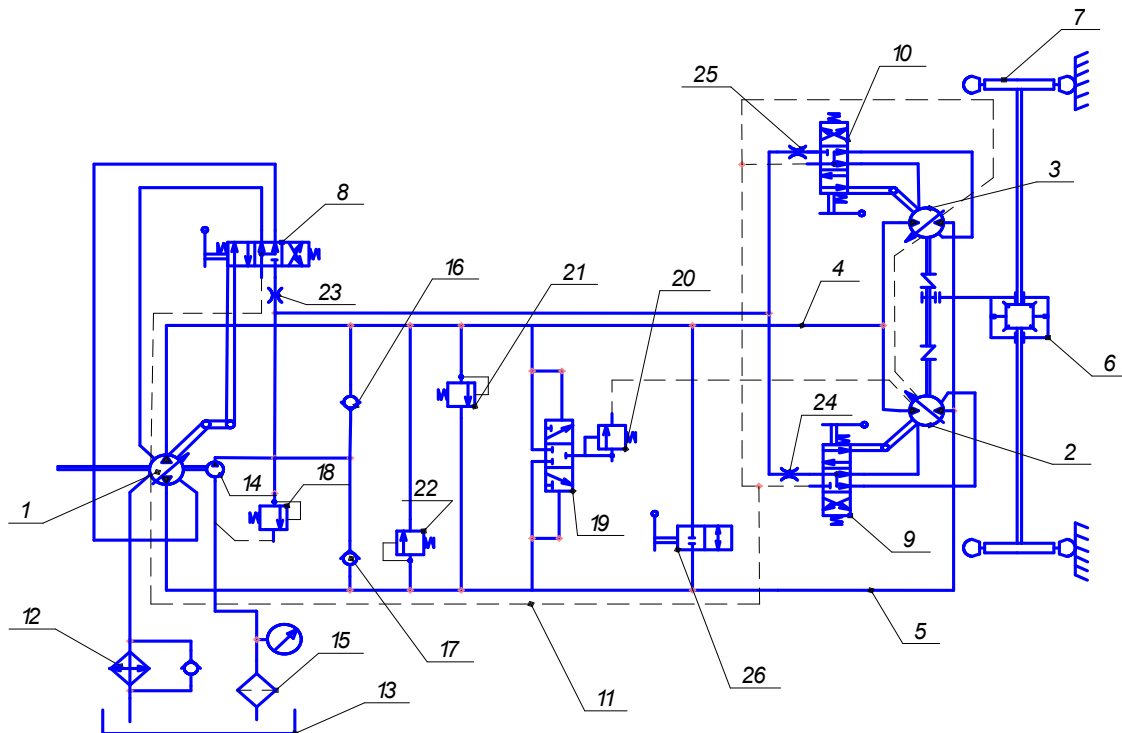


Рис. 2. Схема гідропривода ходової частини зернозбирального комбайна КЗС-9 "Славутич"

1-гідронасос НП112-1, 2,3-гідромотори МПР112-1, розташовані співвісно, 4,5-гідролінії, 6-диференціал, 7-приводні колеса, 8-10-сервозолотник, 11-дренажна гідролінія, 12-теплообмінник, 13-гідробак, 14-насос підживлення, 15-фільтр, 16,17-зворотний клапан, 18-переливний клапан, 19-перемикаючий клапан, 20-переливний клапан, 21, 22-напірний клапан, 23-25-дроселі, 26-шунтувальний клапан.

Керування робочими об'ємами обох гідромоторів здійснюється однією рукою керування, до якої приєднані дві тяги до важелів керування гідромоторів. Крім того, наведена схема гідропривода допускає подальше удосконалення в частині застосування дистанційного гідравлічного керування насосом і гідромотором.

Дана конструкція гідротрансмісії дозволяє замінити коробку передач, не зручну в експлуатації, на рівноцінний за вартістю гідромотор МП-112 та забезпечує:

- безступінчасте регулювання швидкості у всьому діапазоні від мінімальної робочої до максимальної транспортної;
- звільнення міжколісного простору в районі ведучого моста комбайна для технологічних цілей;
- економію маси.

Для даної конструкції гідротрансмісії в роботі [3] було проведено оцінку вихідних характеристик за допомогою графіка тягово-швидкісних характеристик (ТШХ), та порівняно з подібними конструкціями гідротрансмісій. ТШХ гідротрансмісії зернозбирального комбайна КЗС-6 "Славутич" та подібних конструкцій гідротрансмісій представлено на рис. 3.

Як видно з ТШХ, представлених на рис.3, найбільш високий ККД в транспортному режимі має трансмісія зернозбирального комбайна КЗС-6 "Славутич", але при цьому потребує розробки і введення в трансмісію додаткових пристроїв відключення і розмикання гідравлічних і механічних силових потоків.

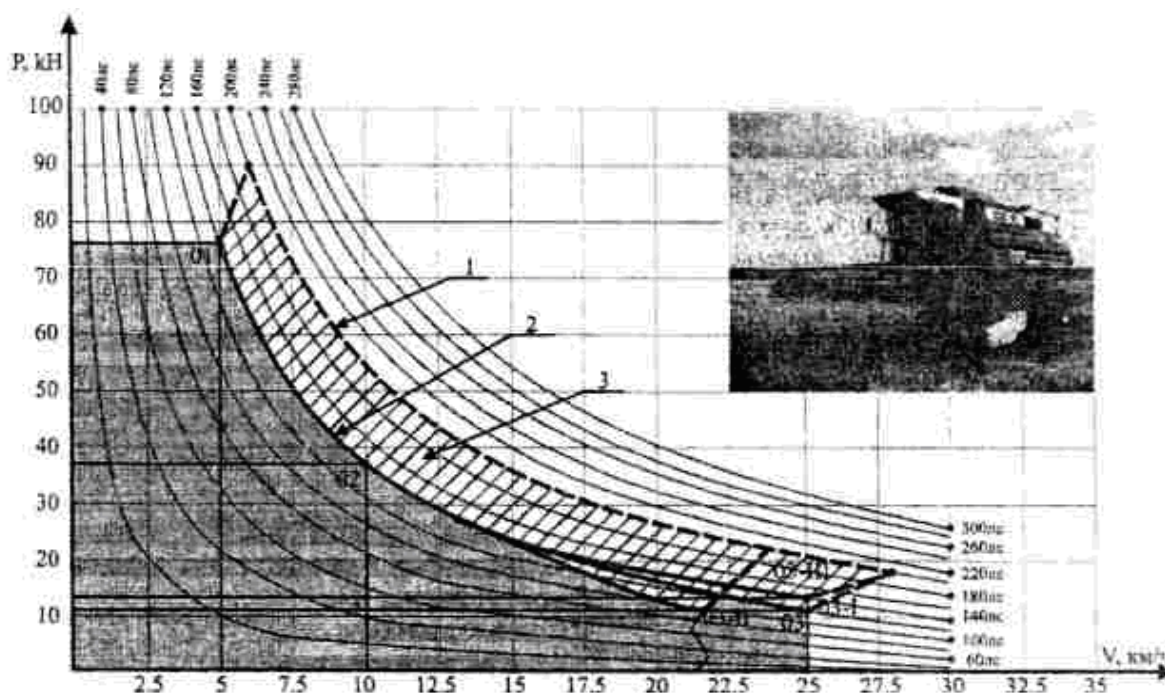


Рис. 3. Тягово-швидкісні характеристики гідротрансмісій зернозбирального комбайна КЗС-6 "Славутич" та подібної за конструктивним виконанням.

1а – Потужність, споживана насосом НП-112 при  $n = 2000$  об / хв.;  $P = 35$  МПа.

2а – Потужність, приведена до коліс: 01-02-03 I – гідротрансмісії подібного конструктивного виконання I; 01-02-03 II – гідротрансмісії подібного конструктивного виконання II; 01-02-03 III – гідротрансмісії зернозбирального комбайна КЗС-6 "Славутич"

3а – Втрати потужності в трансмісії.

В статті [4] пропонується використовувати додаткову гідромашину, працюючу лише при малих передавальних числах трансмісії, що дозволить ефективно знизити сумарну встановлену потужність гідромашин передачі.

Велика встановлена потужність гідромотора визначається необхідністю передавати великий крутний момент при малих передавальних числах. При великих передавальних числах мотор розвиває малий крутний момент. Тому для зменшення сумарної встановленої потужності можна підключити додатковий гідромотор Г3 (рис.4а), який повинен працювати при малих передавальних числах, а потім відключатися за допомогою муфти Ф. Під час роботи додаткового мотора основний (Г2) буде передавати постійний крутний момент, який може бути істотно менше максимального. Якщо позначити через  $i_0$  передавальне число при якому відбувається відключення гідромотора Г3, а через  $n_T$  і  $M_T$  швидкість і момент на загальному валу моторів Г2 і Г3, то встановлені потужності останніх будуть:

$$N_{2y} = M_2(i_0)n_T(i_{\max}),$$

$$N_{3y} = M_3(i_{\min})n_T(i_0),$$

причому

$$M_3(i_{\min}) = M_{T_{\max}} - M_2(i_0) = \frac{M}{i_{\min}} - M_2(i_0),$$

$$M_2(i_0) = \frac{M}{i_0} \quad \text{при} \quad M_3(i_0) = 0.$$

Графік моментів такої передачі наведено на рис. 4, б.

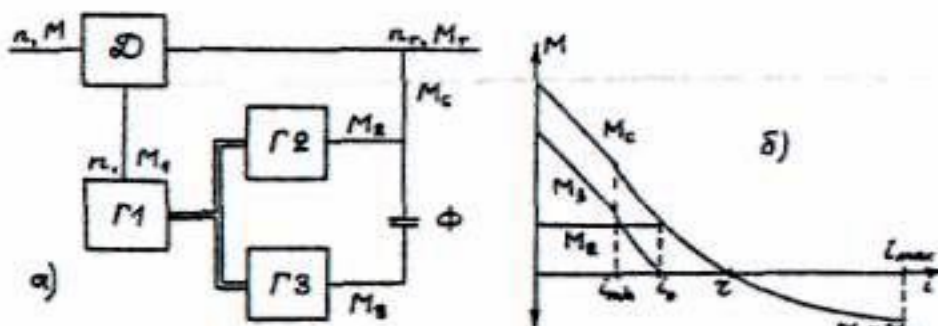


Рис. 4. Схема (а) і моменти (б), що розвиваються передачею з диференціалом на вході і трьома гідромашинами. [4]

Дана схема передбачає використання ще декількох додаткових гідромоторів, що відключаються (Г4, Г5 і т.д.), з наступним зменшенням встановленої потужності. Проте ефект від їх використання набагато менший при порівнянні з одним додатковим мотором Г3, тому такі варіанти технічно недоцільні.

На сучасних сільськогосподарських самохідних машинах все частіше застосовуються різноманітні електронні системи та пристрої, за допомогою яких виконуються функції керування окремими агрегатами та вузлами машини.

В публікації [5] пропонується підвищити ефективність гідростатичної трансмісії шляхом використання електронних компонентів разом з гідрооб'ємними приводами.

При допомозі електронно-гідралічних систем забезпечується обмеження тягового зусилля з метою запобігання буксуванню ведучих коліс, автоматичне керування робочою швидкістю збиральних машин при зміні завантаженості, захист двигуна від перевантажень, та інше.

Наприклад, для гідропривода з паралельним з'єднанням гідромоторів, щоб забезпечити блокування диференціала ведучих коліс з різними кутовими швидкостями, пропонується встановити в гідролінію зливу першого гідромотора та в напірну гідролінію другого гідромотора регулюючі пропорційні дроселі. При послідовному з'єднанні гідромоторів в напірній гідролінії другого гідромотора пропонується встановити запірний клапан з електромагнітом. Це дозволить подавати однакову кількість рідини у два гідромотори, що призведе до вирівнювання кутової швидкості і тягового зусилля правого і лівого коліс при русі машини по прямій. Електромагніти регулюючих пропорційних дроселів та запірного клапана з'єднані з блоком електронного управління, який з'єднано з встановленими на гідромоторах датчиками тиску рідини і частоти обертання валів. На рис. 5 представлено принципову схему тягового гідропривода з електронним керуванням.

Гідропривод машини включає регульований насос 1, зв'язаний з двигуном 2, гідромотори 3 та 4 привода коліс 5 і 6. Гідромотори з'єднуються з насосом напірними гідролініями 7 і 8 і зливними гідролініями 9 і 10 (паралельне з'єднання) або напірними гідролініями 7 і 11 і зливною гідролінією 9 (послідовне з'єднання). Для зміни схеми підключення гідромоторів встановлені два пропорційних дроселя 12 і 13 та запірний клапан 14. Дросель 12 з електромагнітом 15 встановлено після гідромотора 3 в зливній гідролінії 10, дросель 13 з електромагнітом 16 встановлено в напірній гідролінії 8 перед гідромотором 4.

Зрушення машини відбувається при максимальному моменті гідромоторів 3 та 4, тобто при їх паралельному з'єднанні. Для цього клапан 14 має бути закритий, а дроселі 12 і 13 відкриті. При буксуванні одного із коліс за допомогою одного з дроселів обмежують подачу потоку робочої рідини в гідромотор цього колеса, чим досягається ефект блокування диференціала ведучих коліс. При автоматичному управлінні блоком 21 підвищене буксування визначається різницею сигналів датчиків 19 і 20 кутових швидкостей гідромоторів

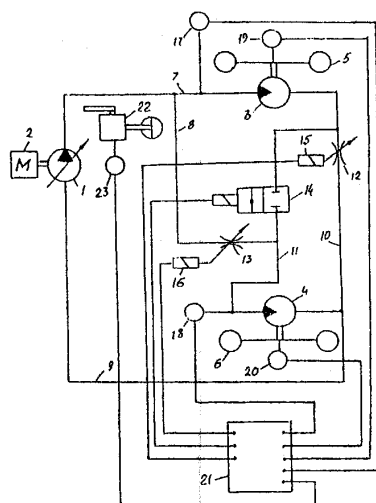


Рис. 5. Гідропривод з електронним

При досягненні максимальної швидкості при даному режимі відкривається клапан 14, реалізуючи ефект розімкнутого зчеплення механічної передачі. Одночасно плавно закриваються дроселі 12 і 11. Для більшої плавності перемикавання режимів слід також зменшити подачу палива у двигун або подачу насоса.

При послідовному вмиканні гідромоторів в гідромотор 4 потрапляє менша кількість рідини. З цієї причини він не розвиває крутного моменту, і тиск в гідролінії 11 падає до нуля. Для нормальної роботи машини сили тяги на обох колесах 5 і 6, а, відповідно, і моменти на обох гідромоторах 3 та 4 повинні бути однакові. Для створення однакових моментів на валах гідромоторів необхідні однакові перепади тиску, які контролюються датчиками тиску 17 і 18, сигнал з яких надходить до блоку електронного керування, де формується відповідна команда електромагніта 16, який керує дроселем 13. Датчик 23 положення рульового механізму 22 дозволяє підтримувати мінімальну різницю кутових швидкостей коліс 5 і 6, необхідну для повороту самохідної машини, не допускаючи зайвого буксування одного з коліс.

Даний гідропривод забезпечує ефект повного і часткового блокування диференціала приводних коліс при паралельному з'єднанні гідромоторів та їх синхронну роботу при послідовному з'єднанні.

**Висновки.** Розглянуті схеми гідротрансмисій самохідних сільськогосподарських машин забезпечують безступінчасту зміну швидкості та беззупинчне перемикавання робочих режимів при русі машини по рівній поверхні. Так як деякий час самохідним сільськогосподарським машинам доводиться працювати на похилих поверхнях доцільно дослідити гідрооб'ємні трансмісії цих машин на можливість підгальмовування при русі на спуск, та проаналізувати доцільність вибраних параметрів при такому режимі роботи гідротрансмисії.

#### Література

1. Городецкий, К.И. Гидротрансмисии тракторов XXI века / К.И. Городецкий // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1996. – №3. – С.15-17.
2. Гидропривод ходовой части зерноуборочного комбайна / Б.В. Дмитриев, И.И. Лютый, В.П. Олейник, Г.И. Шейнин. // Техніка АПК. – 2001. – №5-6 (545-546). – С. 24-26.
3. Митрофанов, А.П. Ходовые системы самоходных сельхозмашин. Сравнительный анализ гидротехнических приводов с регулируемыми гидромоторами./ А.П. Митрофанов // Промислова гідроліка та пневматика. – 2007. – № 4 (18). – С. 109-118.
4. Фрумкин, Л.А. Объемные гидропередачи с тремя гидромашинами / Л.А. Фрумкин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1998. – №8. – С. 30-34.
5. Прогрессивные схемы гидрообъемных передач на основе современной элементной базы и бортовых электронных средств. / М.И. Жилевич, А.В. Королькевич, В.А. Королькевич, В.С. Шевченко. // Промислова гідроліка та пневматика. – 2011. – № 2 (32). – С. 83- 86.