

УДК 621.83.062.1

ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ В АВТОМОБІЛЕ- І ТРАКТОРОБУДУВАННІ БЕЗСТУПНЧАСТИХ ГІДРООБ'ЄМНО- МЕХАНІЧНИХ ТРАНСМІСІЙ

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

Анотація. Визначено переваги та недоліки гідрооб'ємно-механічних трансмісій, галузь їх застосування, оцінено доцільність використання гідрооб'ємно-механічних трансмісій на автомобільному транспорті та сільськогосподарських машинах.

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

ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ В АВТОМОБИЛЕ- И ТРАКТОРОСТРОЕНИИ БЕССТУПЕНЧАТЫХ ГИДРООБЪЕМНО- МЕХАНИЧЕСКИХ ТРАНСМИССИЙ

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

Аннотация. Определены преимущества и недостатки гидрообъемно-механических трансмиссий, области их применения, оценена целесообразность использования гидрообъемно-механических трансмиссий на автомобильном транспорте и сельскохозяйственных машинах.

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

TENDENCIES AND PROSPECTS OF APPLICATION OF HYDROSTATIC- MECHANICAL TRANSMISSION IN CAR- AND TRACTORBUILDING

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

Abstract. Research of advantages and lacks of hydrostatic-mechanical transmission, application of hydrostatic-mechanical transmission, expedience of the use of hydrostatic-mechanical transmission on motor transport and agricultural machines have been done.

Key words: hydrostatic-mechanical transmission, hydrostatic transmission, car- and tractorbuilding.

Вступ

У світовій практиці безступінчасті гідрооб'ємно-механічні трансмісії (ГОМТ) як технічно складніші, більш трудомісткі у виробництві знайшли застосування на тих машинах і транспортних засобах (ТЗ), де механічні трансмісії вже не здатні ефективно і раціонально розв'язувати завдання підведення і трансформації за заданими законами по-

тужності від двигуна до робочих органів або рушіїв ТЗ.

Аналіз публікацій

Питанням з розробки об'ємних гідромашин та гідрооб'ємних передач (ГОП), створення і дослідження ГОМТ для колісних та гусеничних тракторів, вантажних автомобілів, комбайнів, дорожньо-будівельних машин прис-

вчено праці Айтцетмюллера Х., Авруні на Г.А., Александрова Є.Є., Башти Т.М., Борисюка М.Д., Васильченка В.О., Городецького К.І., Григорова О.В., Забелішинського З.Е., Каменова О.В., Кісточкіна Є.С., Комісарика С.Ф., Кононенко В.О., Курмаєва Р.Х., Лебедева А.Т., Назарова Л.В., Панченка А.І., Петрова В.А., Пономаренка Ю.Ф., Пономарьова Є.П., Прокоф'єва В.М., Прочка Є.І., Рогова А.В., Самородова В.Б., Суковіна М.В., Філічкіна М.В., Monika M.I., Blake A.C., Kyle R.W., Weber M. та ін. [1–10].

Посилено ведуться роботи із вдосконалення ГОМТ такими всесвітньо відомими транснаціональними корпораціями як CNH, що об'єднує фірми Case IH, New Holland (США) і Steyr (Австрія); AGCO, що об'єднує фірми Fendt (Німеччина), Massey Ferguson, Challenger (США) і Valtra (Фінляндія); SDF, що об'єднує фірми Same, Lamborghini (Італія) і Deutz-Fahr (Німеччина), компаніями John Deere (США), Claas (Німеччина) та ін. Щорічно ці корпорації та компанії поставляють на світовий ринок майже 400 000 тракторів, а це більше 80 % всього світового випуску тракторної техніки, з них близько 18 % оснащені ГОМТ.

Активні роботи зі створення ГОМТ для автомобіле- і тракторобудівної галузі ведуться в Науково-дослідному автотракторному інституті (НАТІ), в Москві [1], а також у Харкові Індустріальною групою «УПЕК» та ВАТ «ХТЗ ім. Орджонікідзе».

Мета і постановка задачі

Метою даної роботи є дослідження тенденцій та перспектив застосування в автомобіле- і тракторобудуванні безступінчастих ГОМТ.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання: визначити переваги та недоліки ГОМТ, галузі їх застосування, оцінити перспективність використання ГОМТ на автомобільному транспорті та сільськогосподарських машинах.

Тенденції та перспективи застосування в автомобіле- і тракторобудуванні безступінчастих ГОМТ

ГОМТ мають такі переваги [2]:

– можуть замінити не тільки ступінчасту механічну коробку передач, але і всю трансмі-

сію машини разом зі зчепленням (головним фрикціоном), причому для самохідних машин типу трактор, бульдозер, навантажувач і тому подібне забезпечується перемикання швидкісних піддіапазонів без зупинки при русі машини, без розриву потоку потужності;

– підвищують керованість ТЗ у порівнянні з механічною ступінчастою трансмісією, оскільки дають можливість змінювати в широких інтервалах тягове зусилля на провідних колесах машини за достатньо малих, прийнятних для водія зусиллях на органах керування;

– забезпечують плавне регулювання передавального відношення від двигуна до провідних коліс, тобто безступінчасте регулювання швидкості, що істотно підвищує рухливість і ергономічність мобільних машин;

– ГОМТ, що володіють властивістю реверсу, забезпечують перехід із руху вперед до руху заднім ходом без зупинки і перемикання передач, що є дуже важливим з погляду забезпечення технологічних робочих процесів для ряду видів транспортних засобів (бульдозерів, лісотехнічних тракторів, навантажувачів, грейдерів землерийних машин, машин спеціального призначення та ін.);

– сприяють підвищенню надійності роботи двигуна завдяки демпфуючим властивостям робочої рідини гідروпередачі (за рахунок певного відсотка газовмісту і витоків у щільних ущільненнях), внаслідок чого усувається жорсткий кінематичний зв'язок провідних коліс машини із двигуном;

– дозволяють забезпечити гальмування ТЗ за рахунок ГОП;

– забезпечують кращу тягову динаміку ТЗ у порівнянні зі ступінчастими механічними трансмісіями, оскільки дають можливість на основі відповідного вибору регулювальних характеристик максимально завантажити двигун і підтримувати його максимальну активну потужність;

– при раціональному виборі регулювальних характеристик ГОМТ двигун може працювати в режимі максимальної потужності або мінімальної витрати палива у всьому швидкісному діапазоні ТЗ;

– ГОМТ значно легше автоматизуються в порівнянні зі ступінчастими механічними трансмісіями, що спрощує керування ТЗ;

– підвищують середню швидкість руху по бездоріжжю за рахунок кращого використання потужності двигуна.

До основних недоліків ГОМТ відноситься [2]:

– нижчий коефіцієнт корисної дії (ККД) в порівнянні зі ступінчастими механічними трансмісіями – в сучасних конструкціях ГОМТ їх ККД на 7–10 % нижче;

– при перемиканні з піддіапазону на піддіапазон у контурі, в якому розташована гідропередача, може стрибкоподібно змінюватися потужність і тиск, при цьому, як правило, міняються місцями порожнини тиску навантаження і підживлення в ГОП, що приводить до ударних режимів у ГОП і зниження їх ресурсу;

– робочі режими з циркуляцією потужності приводять до відносно великих втрат і тепловиділення, можуть бути небажаними з погляду міцності та надійності елементів трансмісії;

– вельми чутливі до температури навколишнього середовища, оскільки в'язкість робочої рідини істотно змінюється з температурою і, як за низьких, так і за високих температур, можуть істотно погіршуватися технічні характеристики трансмісії;

– реверсивні ГОМТ з першим повнопотоковим діапазоном, як правило, не забезпечують достатнього динамічного чинника транспортній машині через вихід тиску навантаження в ГОП на клапанний режим; при цьому підвищення робочого об'єму ГОП, яке сприяє усуненню цього недоліку, погіршує габаритні і масові показники ГОМТ в цілому;

– необхідність використовувати якісні робочі рідини з високим ступенем чистоти;

– необхідність застосування узгоджувальних редукторів між двигуном і насосами, а також між гідромоторами і колесами;

– підвищений шум при роботі на високому тиску і за високої частоти обертання (високочастотні коливання робочої рідини);

– необхідна висока кваліфікація персоналу для проведення технічного обслуговування при експлуатації;

– вища вартість і складність виготовлення (на 20 % дорожче за трактор зі звичайною механічною трансмісією) за рахунок, як правило, застосування гідромашин великого робочого об'єму.

Проте застосування уніфікованих складальних одиниць (насосів, гідромоторів, гідроциліндрів і так далі), організація їх масового виробництва дозволяють знизити собівартість ГОМТ. Тому зараз такі всесвітньо відомі транснаціональні корпорації як CNH, AGCO, SDF, а також компанії John Deere і Claas переходять на масовий випуск тракторів із ГОМТ.

Як було відмічено раніше, у світовій практиці ГОМТ застосовуються на тих машинах і ТЗ, де механічні трансмісії не здатні ефективно і раціонально вирішувати завдання підведення і трансформації за заданими законами потужності від двигуна до робочих органів або рушіїв ТЗ. До таких машин і ТЗ відносяться [1, 4]:

– транспортно-технологічні машини – самохідні багатокілісні автомобілі вантажністю 150–200 тонн, важкі самоскиди (понад 50 тонн), зчленовані колісні та гусеничні машини, аеродромні тягачі;

– лісотехнічні машини (колісний харвестер Амкодор 2551 та ін.);

– будівельно-дорожні машини – крани (мінікран MC285 CRM(E), Maeda LC785 та ін.), екскаватори (M18BE, «Хьюддіг-1160 екстра» та ін.), грейдери (Volvo G60, G710B та ін.), трубоукладачі (RL42B Liebherr, RL52 Liebherr та ін.), навантажувачі (TM-3-02, дизельний навантажувач ДП-3510, автонавантажувач АП-3010, Terex TL-260, 540-170 Loadall та ін.), бульдозери (гусеничний бульдозер Б-100, Komatsu D37-22, TC-10, D3-240C та ін.) і так далі;

– малотоннажні плаваючі автомобілі високої прохідності (типу «Джиггер»).

Також ГОМТ застосовуються на сільськогосподарських машинах: зернозбиральних (роторний комбайн Case 2388 Axial Flow, комбайни серії Vector, Claas Lexion 450 та ін.) і

кормозбиральних комбайнах (ПН-450, DON 680M, RSM 1401, RSM 1701 та ін.), сільсько-господарських і промислових колісних та гусеничних тракторах (малогабаритний трактор Iseki TXG23, малогабаритний трактор Iseki TH4260, трактор Gianni Ferrari PG230 4 H, Четра-11С, Четра-11.01КС, Husqvarna СТН 220 Twin, Fendt серії Vario, John Deere 8530, John Deere серії 8000RT, Challenger MT 665B, Massey Ferguson 8480, Puma CVX та ін.).

Провідними виробниками гідрообладнання для ТЗ із ГОМТ є фірми: Bosch-Rexroth, Plessey, Denison Hydraulics, Sauer-Danfoss, Eaton Hydraulics (Vickers, Aeroquip, Boston, Char-Lynn, Eaton, Hydro-Line і Weatherhead) та ін.

ГОМТ підрозділяються на повнопотокові, коли вся потужність двигуна передається гідравлічним шляхом, і двопотокові (з диференціалами на вході, виході, зі змінною (різною) структурою), де менша частина потоку потужності (20–50 %) передається гідравлічним шляхом, а решта частини (зазвичай більша) – механічним шляхом.

Однією з головних переваг повнопотокової ГОМТ є можливість підведення роздільно-регульованого (за будь-яким законом) потоку потужності індивідуально до кожного колеса або елемента рушія, незалежно від його відстані від живлячої установки і положення у просторі.

За кордоном повнопотокові ГОМТ застосовуються на автомобілях високої прохідності з активними напівпричепами, аеродромних тягачах, гусеничних транспортерах із бортовим поворотом, повноприводних самоскидах, дослідних зразках багатомісних міських автомобусів із рекуперацією енергії гальмування.

На просторах колишнього СРСР проектування ГОМТ для автомобілів високої прохідності велося без урахування специфіки їх роботи (розгін, гальмування, поворот, рух накатом, гальмування двигуном, буксирування, холодний запуск та ін.). Машини створювалися, як правило, за схемою живлення всіх гідромоторів від загальної насосної станції. Крім того, при практичній реалізації недостатньо уваги приділялося специфічним допоміжним системам ГОМТ. До них відносяться теплообмінники з автоматичним регулюванням

охолодження залежно від кліматичних умов і навантажень, робота в умовах підвищеного вмісту пилу, бруду, вологі і т.п. В результаті деякі створені автомобілі і тягачі з ГОМТ (ГАЗ-М1Г, М-2Г, МАЗ-547АГ та ін.) або не було доведено до працездатного рівня, або не було завершено. Виключенням є тягач з активним напівприцепом ЗІЛ-137 [1].

У 1978 р. в «ОГК ЗІЛ» було побудовано пневмогусеничний всюдихід «3906» з бортовими ГОМТ, із двигуном потужністю 88 кВт, повною масою 3,4 тонн, з максимальною швидкістю 42 км/год. На випробуваннях він показав свою працездатність і достатню надійність. Проте через відсутність досвіду конструювання гідромашин і ГОМТ в цілому, а також через невідповідність виробництва до виготовлення прецизійних пар, що труться, і вузлів створені ГОМТ мали низький ККД, високу вартість і малу довговічність, що перешкоджало впровадженню ГОМТ у серійних ТЗ.

На сьогодні ГОМТ не застосовують на жодному легковому автомобілі, що серійно випускається, її використання на звичайних вантажних автомобілях є обмеженим. Це пояснюється великою масою і високою вартістю ГОМТ.

Американська компанія Folsom Technologies, що спеціалізується на розробці ГОМТ, пропонує установку ГОМТ на легкові автомобілі. У розроблених зразках в єдиному картері розміщено насос, гідромотор і електроніку. Компанією розроблено два типи таких варіаторів: для передньопривідних автомобілів потужністю 50–100 к.с. і для машин класичної компоновки із двигунами 300–350 к.с. І якщо передньопривідний агрегат – дослідна розробка, то варіатор для задньопривідних машин повністю готовий до серійного виробництва.

Використання ГОМТ на міських автомобілях є перспективним з погляду економії енергетичних ресурсів. В результаті застосування гідроаккумулятора ГОМТ дозволяє здійснити рекуперацію енергії при гальмуванні автомобіля і завдяки цьому зменшити витрату палива аж до 30 %. Одночасне зниження витрати палива в результаті використання двигуна на оптимальних режимах і рекуперації енергії може скласти до 40 % [1, 4].

Суттєві переваги має ГОМТ при її застосуванні на багатовісних повноприводних автомобілях із колісною формулою 6×6, 8×8 і так далі (рис. 1). В цьому випадку механічна трансмісія має складну конструкцію, високу вартість і низький ККД. В таких умовах ГОМТ, виконана за роздільно-агрегатною схемою, не поступається за масою, вартістю та величиною ККД.

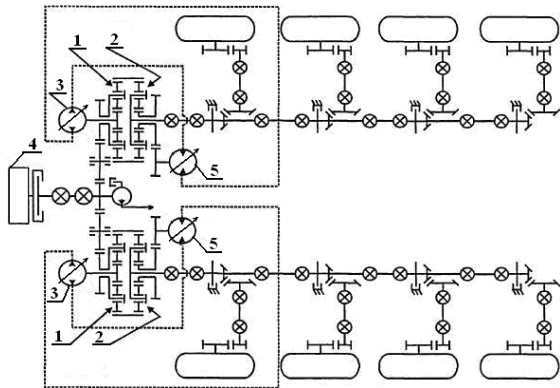


Рис. 1. Схема двопотокової ГОМТ для колісного автомобіля високої прохідності з бортовим приводом [1]: 1 – розділовий диференціал; 2 – підсумовувальний диференціал; 3 – симетрично регульований реверсивний насос; 4 – двигун внутрішнього згоряння; 5 – регульований гідромотор

В 2003 році ВАТ «Інноваційна фірма «НАМИ-СЕРВИС» спільно з «АМО ЗІЛ» розробили повноприводний автомобіль-лабораторію «Гидроход-49061» з передніми і задніми керованими колесами, колісною формулою 6×6, повною масою 12 тонн (рис. 2).

Завдяки наявності у цього автомобіля повнопотокової ГОМТ, повністю пристосованої для перевірки на практиці різних варіантів систем автоматичного адаптивного керування, з'явилася реальна перспектива розв'язання задачі створення повноприводного автомобіля з «інтелектуальною» трансмісією, що забезпечить оптимальний розподіл потужності на кожне тягове колесо [1].

Проведені випробування показали, що автомобіль «Гидроход-49061», в порівнянні зі своїм аналогом ЗІЛ-4972 з механічною трансмісією, здатний [1]: збільшити прохідність 30 % на важких ґрунтах; підвищити середню швидкість руху на 10–12 %; знизити витрату палива на 8–10 %; підвищити надійність за рахунок зниження динамічних навантажень у

трансмісії; здійснювати стійкий рух переднім і заднім ходом на швидкостях від 0,7 до 80 км/год.

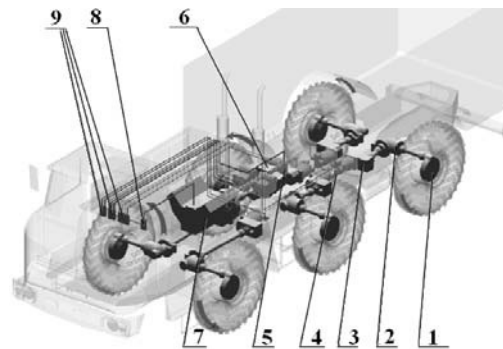


Рис. 2. ГОМТ і автоматична система керування «Гидроход-49061»: 1 – колісний редуктор; 2 – бортовий редуктор; 3 – погоджувальний редуктор гідромотора; 4 – гідромотор; 5 – насос; 6 – редуктор насосної станції; 7 – двигун внутрішнього згоряння; 8 – мікропроцесор керування двигуном; 9 – мікропроцесори керування гідронасосами і гідромоторами

Використання ГОМТ повнопотокового типу, яке реалізується різними, але в цілому не багаточисельними схемами [2, 5], не набуло розповсюдження на сільськогосподарських тракторах (через невисокий загальний ККД трансмісії – 0,70–0,75), де, як правило, використовуються двопотокові ГОМТ.

Вперше серійне виробництво сільськогосподарських тракторів із двопотоковою ГОМТ розпочала фірма Fendt в 1996 р. [2, 5, 8]. Всі трактори, що випускаються фірмою Fendt (потужність 51–287 кВт), на сьогодні оснащені однією з найбільш оригінальних і ефективних безступінчастих ГОМТ – Fendt Vario. Конструкцію трансмісії виконано за схемою з диференціалом на вході (рис. 3). Характерна особливість ГОМТ Fendt Vario – використання двох діапазонів швидкостей – робочого та транспортного, а також у деяких трансмісіях двох гідромоторів, що регулюються (рис. 3, б). Перемикання між діапазонами виконується водієм при зупиненому тракторі за допомогою синхронізованих зубчастих муфт.

ККД ГОМТ Fendt Vario лише на 1,5–2 % нижче, ніж у трактора з механічною трансмісією. На малих швидкостях ККД трансмісії Fendt Vario помітно вище, ніж у конкурентів, хоча у Fendt тут дуже велика частка потужності, що передається гідравлічним шляхом

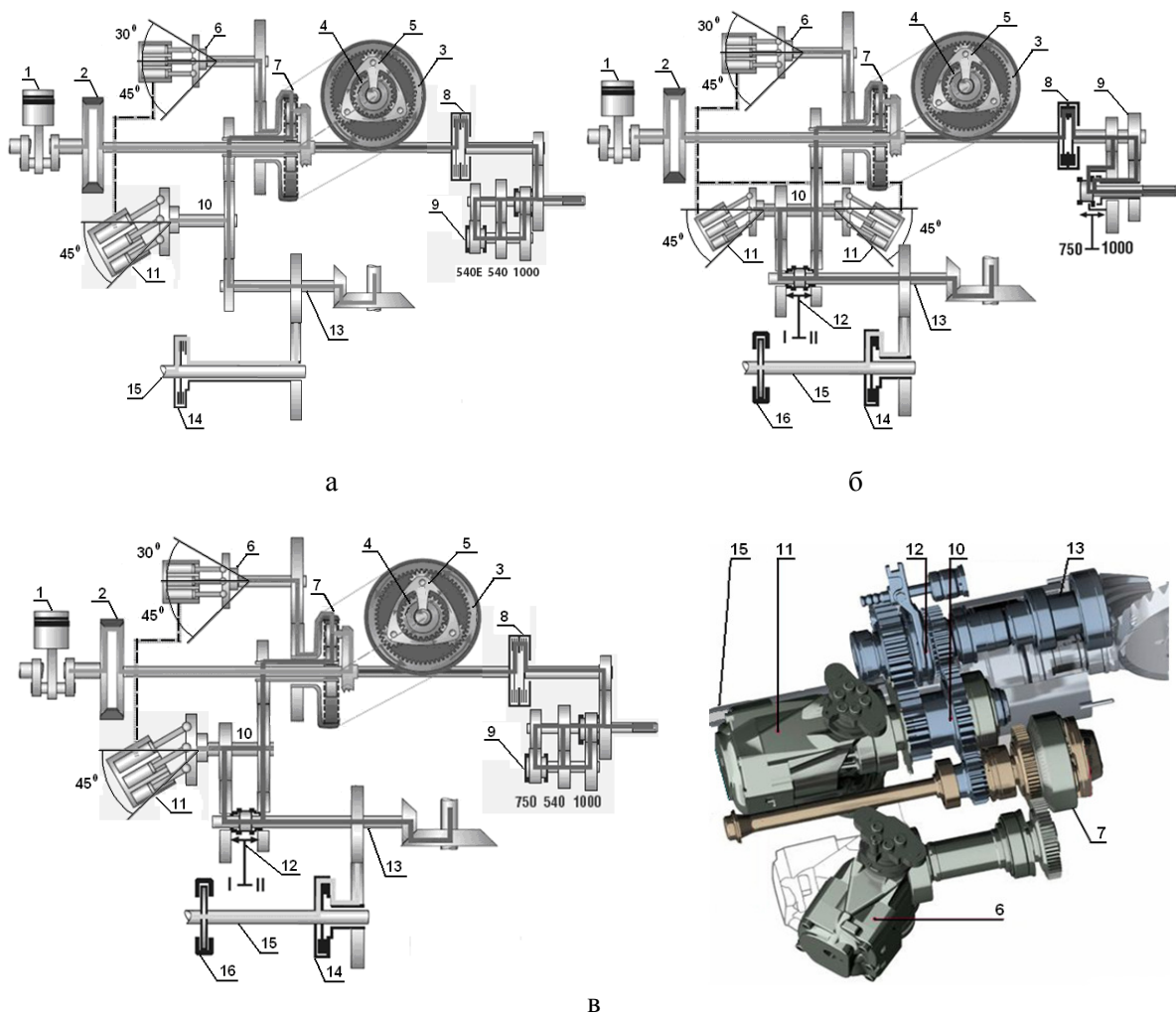


Рис. 3. Функціональна схема трансмісії Fendt Vario: а – потужність двигуна 51–92 кВт; б – потужність двигуна 162–287 кВт; в – потужність двигуна 85–176 кВт; 1 – двигун внутрішнього згорання; 2 – демпфер крутильних коливань; 3 – коронна шестірня; 4 – сонячна шестірня; 5 – водило; 6 – гідронасос; 7 – планетарний редуктор (ПР); 8 – муфта ввімкнення вала відбору потужності; 9 – вал відбору потужності; 10 – підсумовувальний вал; 11 – гідромотор; 12 – муфта перемикання діапазонів руху; 13 – привід на задній міст; 14 – муфта ввімкнення приводу переднього моста; 15 – привід на передній міст; 16 – трансмісійний гальмівний механізм

(зменшується від 100 % при 0,02 км/год до 0 % – за максимальної швидкості). Відносно високий ККД досягається застосуванням спеціально сконструйованих гідромашин фірми Saueg з кутом нахилу блока циліндрів до 45°, втрати в яких значно зменшені. На ККД трансмісії Fendt Vario також позитивно впливає простота конструкції механічної частини передачі, в якій використовується всього лише один диференціал.

Гідронасос і гідромотор у ГОМТ Fendt виконані регульованими. Рух назад здійснюється зворотним нахилом блока насоса, що забезпечує швидкий реверс. При русі назад в ГОМТ виникає циркуляція потужності, що

дещо знижує ККД передачі, але при русі заднім ходом це не так важливо.

Фірма Valtra на трактори потужністю 90–140 кВт серій N і T встановлює трансмісію Direct (рис. 4) [6], що працює за схемою «диференціал на виході» (аналогічно працюють ГОМТ CNH, ZF-Eccom і Steyr-Smatic), забезпечує безступінчасте регулювання швидкості в чотирьох діапазонах (коробку передач діапазонів на рис. 4 не наведено): 0–9 км/год, 0–18 км/год, 0–30 км/год і 0–50 км/год. Перемикачі діапазони можна тільки при зупинці трактора, швидкості в діапазонах при русі як вперед, так і назад є однаковими.

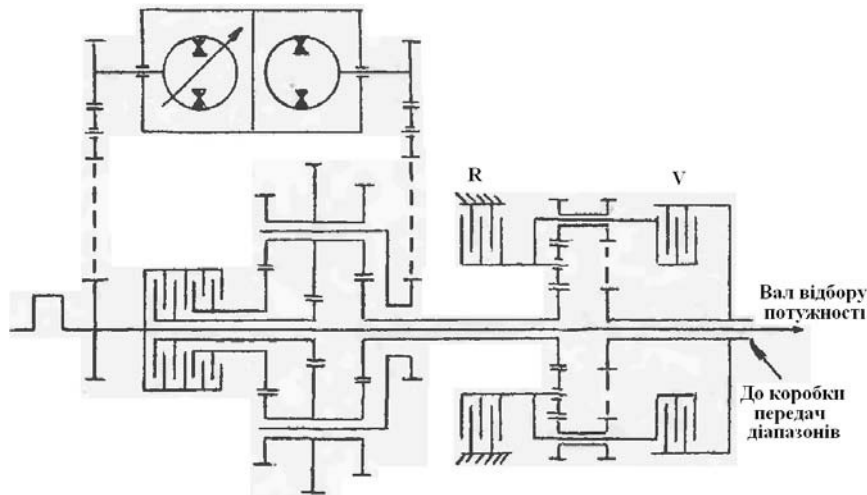


Рис. 4. Кінематична схема трансмісії Versu

Фірма CNH розробила нову безступінчасту трансмісію з використанням подвійного зчеплення, яка ставиться на трактори Puma CVX фірми Case IH, T7000 Auto Command – фірми New Holland, CVT – фірми Steyr потужністю 123–165 кВт [6] (рис. 5).

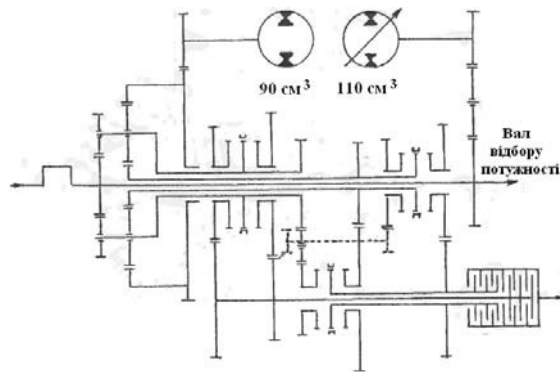


Рис. 5. Кінематична схема трансмісії CNH

Кожне з двох встановлених зчеплень має свій власний вал для передачі потужності, при цьому один вал проходить усередині іншого. Потужність передається по черзі по валах, які використовуються при ввімкненні відповідного зчеплення. Одне зі зчеплень підключає непарні передачі, інше – парні. На вільному валу коробки передач здійснюється попередній вибір наступної бажаної передачі і з'єднання відповідного зубчастого колеса з вільним валом коробки передач через синхронізатор. За допомогою одночасного ввімкнення і вимкнення зчеплень потужність передається через заздалегідь вибрану передачу без розриву потоку потужності. Цей вид коробки вважається найбільш досконалим (для тракторів – через зменшення числа фрикційних багатодискових муфт і, відповідно, втрат у них) [6].

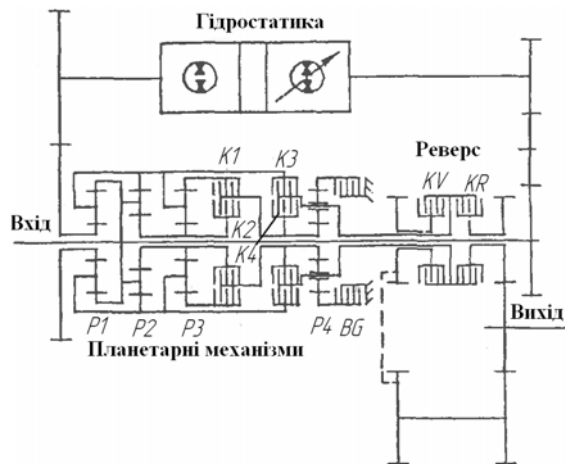
У трансмісії CNH подвійне зчеплення розташоване на тяговому валу (на відміну від автомобільних коробок передач, де подвійне зчеплення розташоване на тяговому валу). Всього в коробці є чотири передачі переднього ходу, що забезпечують максимальну швидкість 50 км/год, і дві передачі заднього ходу (максимальна швидкість 30 км/год) [6].

Безступінчасте регулювання швидкості забезпечується спільною роботою коробки передач і ГОМТ, що складається з диференціала, розташованого на вході трансмісії, і двох гідромашин: регульованого насоса і нерегульованого мотора (обидва – виробництва Bosch-Rexroth). ГОМТ працює за схемою «диференціал на виході» в чотирьох піддіапазонах на передньому ходу й у двох піддіапазонах – на задньому. Тип ГОМТ і число піддіапазонів переднього ходу співпадає з ГОМТ ZF – Ессом, проте в останній для перемикачів використовується сім фрикційних багатодискових муфт, а у ГОМТ CNH – тільки дві. Зменшення числа муфт повинно знизити втрати і підвищити ККД трансмісії.

Кінематичну схему трансмісії Ессом фірми ZF наведено на рис. 6. Конструкція механічної частини ГОМТ є досить складною (що зумовлює і більш складне керування, в порівнянні з Fendt): містить чотири диференціали, п'ять фрикційних багатодискових муфт для перемикачів піддіапазонів і дві муфти переднього та заднього ходу. За допомогою останніх виконується швидкий реверс.

У всіх ГОМТ, виконаних за схемою «диференціал на виході», використовується, як правило, одна регульована і одна нерегулю-

вана гідромашини. Перевага такої конструкції полягає в малій установчій потужності гідромашин завдяки використанню декількох піддіапазонів. На початку кожного піддіапазону в замкнутому контурі передачі циркулює потужність, викликаючи зниження її ККД. Оскільки в кінці піддіапазонів циркуляції потужності немає, то при перемиканні з одного піддіапазону на інший з'являється «стрибок» ККД.



Діаграма перемикання

	$V, \text{ км/ч}$	K1	K2	K3	K4	BG	KV	KR	P1	P2	P3	P4
Вперед	0-6	*				*	*		*	*	*	*
	6-12		*			*	*		*	*		*
	12-24		*	*		*			*			
	24-48		*		*	*			*	*		
Назад	0-6	*				*		*	*	*	*	*
	6-12		*			*		*	*	*		*
	12-24		*	*				*	*			
	24-48		*		*			*	*	*		

Рис. 6. Кінематична схема трансмісії ZF Eccon

Трансмісія Variable Double Clutch (VDC) з подвійним зчепленням – двопотокова ГОМТ з чотирма механічними ступенями і ГОП (рис. 7, а). Дані трансмісії пропонують використовувати не тільки на тракторах, а і в будівельній і спеціальній техніці [7].

За допомогою ввімкнення фрикціону на коронній шестірні ПР задіюється гідростатична гілка, і трактор може бути приведений в рух на низькій швидкості. Даний гідростатичний режим дозволяє використовувати переваги гідростатичних приводів, що забезпечують високу маневреність, можливість руху на низькій швидкості і реверс. Для досягнення вищих швидкостей коронній шестірні передається відповідна частота обертання через циліндрову передачу, одним зі зчеплень. Зміною частоти обертання сонячної шестірні

передавальне число регулюється безступінчасто і відповідно до заданих умов у межах кожного швидкісного діапазону. Діапазон варійованого передавального числа є однаковим для всіх передач.

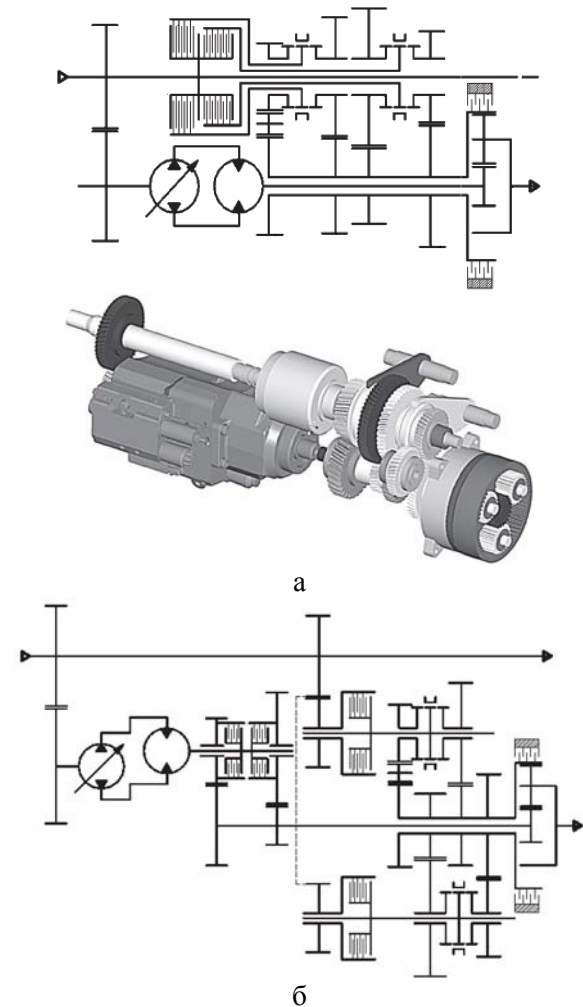


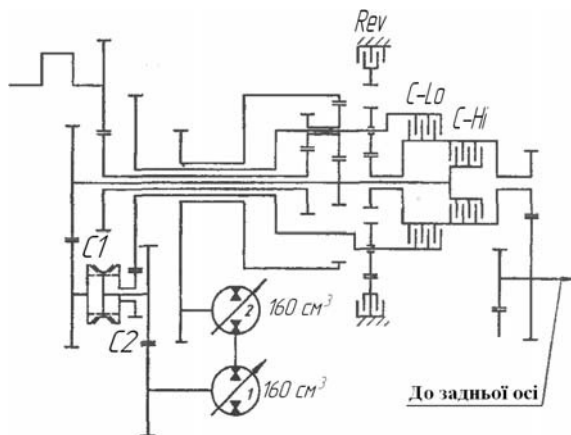
Рис. 7. Кінематична схема трансмісії VDC: а – для ТЗ із двигуном потужністю 80–120 кВт; б – для ТЗ із двигуном потужністю більше 120 кВт

Під час процесу перемикання передачі частота обертання сонячної шестірні регулюється за допомогою зміни подачі гідронасоса таким чином, що частота обертання коронної шестірні, що змінюється, компенсується, і передавальне число після перемикання передачі є рівним передавальному числу до перемикання передачі.

Передавальне число пар циліндрових шестерень значною мірою може змінюватися. Тому трансмісію нескладно адаптувати до специфічних умов застосування. У тракторній трансмісії передавальні числа в механічній

частині обрано таким чином, що передачі вмикаються послідовно, і в основних робочих режимах передається мала гідростатична потужність. У даних робочих діапазонах трансмісія має якнайвищий ККД (до 0,92).

Схеми «диференціал на вході» та «диференціал на виході» застосовуються також в ГОМТ зі змінною структурою (рис. 8–9). Така структура означає, що в кожному піддіапазоні, на які розбито весь діапазон ГОМТ, може використовуватися одна з наступних схем: з диференціалом на вході; з диференціалом на виході; з декількома диференціалами [6].

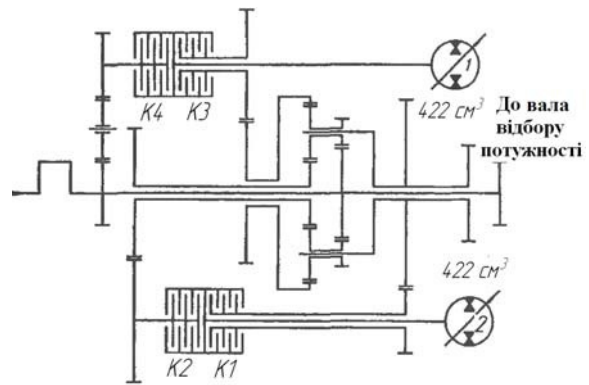


Діаграма перемикання

		C1	C2	C-Lo	C-Hi	Rev
Вперед	M1	+		+		
	M2		+	+		
	M3		+		+	
	M4	+			+	
Назад	M1R	+				+
	M2R		+			+

Рис. 8. Кінематична схема трансмісії John Deere Auto Powr 8345 R

Найбільш оригінальною, ефективною та простою з усіх безступінчастих ГОМТ сільськогосподарських тракторів є трансмісія Fendt Vario. Високу якість трансмісії забезпечує мікропроцесорне керування параметрами регулювання одночасно гідронасоса і гідромотора/гідромоторів. Завдяки розширенню кінематичного діапазону за рахунок двомашинного регулювання в ГОМТ виключено режими циркуляції потужності при русі переднім ходом.



Діаграма перемикання

		K1	K2	K3	K4
Вперед	V1	+		+	
	V2		+	+	
	V3		+		+
Назад	R	+			+

Рис. 9. Кінематична схема трансмісії MALL WSG 500

Висновки

1. Застосування безступінчастих трансмісій є перспективним на багатовісних повноприводних автомобілях. Це дозволить забезпечити оптимальну компоновку автомобіля, мінімізувати витрати на опір коченню і підвищити зчіпні можливості. Як результат, підвищиться прохідність, паливна економічність і знизиться шкідлива дія автомобіля на ґрунт.

2. Використання ГОМТ на міських автомобілях є перспективним з погляду економії енергетичних ресурсів. В результаті застосування гідроакумулятора ГОМТ дозволяє здійснити рекуперацію енергії при гальмуванні автомобіля і завдяки цьому зменшити витрату палива аж до 30%. Одночасне зниження витрати палива в результаті використання двигуна на оптимальних режимах і рекуперації енергії може скласти до 40%.

3. Використання ГОМТ повнопотокового типу не набуло розповсюдження на сільськогосподарських тракторах через невисокий загальний ККД трансмісії (0,70–0,75).

4. Двопотокові ГОМТ являють собою зараз єдиний вид безступінчастих передач, що серійно встановлюються на сільськогосподарських тракторах. Галузь їх використання зростає як за числом моделей тракторів, так і за потужністю, що передається. Конструкції

ГОМТ розвиваються у бік збільшення частини потужності, що передається механічним шляхом, і зменшення числа фрикційних багатодискових муфт.

5. Найбільш оригінальною, ефективною та простою з усіх безступінчастих двопотокових ГОМТ сільськогосподарських тракторів є трансмісія Fendt Varіo.

6. На сьогодні, у зв'язку з тенденцією до збільшення максимальної швидкості руху колісних тракторів із ГОМТ, гостро постало питання дослідження впливу процесу гальмування на кінематичні, силові та енергетичні параметри ГОМТ.

Література

1. Прочко Е.И. Методы построения систем силовых гидрообъемных приводов колес полноприводных автомобилей: дис... канд. техн. наук: спец. 05.05.03 / Прочко Евгений Игнатьевич. – М., 2007. – 213 с.
2. Самородов В.Б. Критический обзор работ в области тракторных гидрообъемно-механических трансмиссий / В.Б. Самородов., А.В. Рогов, М.Б. Бурлыга и др. // Вестник НТУ «ХПИ»: сб. науч. тр. Тематический выпуск «Автомобиле- и тракторостроение». – 2003. – №4. – С. 3–19.
3. Рогов А.В. Развитие методов расчета систем «двигатель–трансмісія» автомобилей и тракторов: дис. канд. техн. наук: спец. 05.22.02 / Рогов Андрей Владимирович. – Х., 2006. – 168 с.
4. Петров В.Г. Гидрообъемные трансмиссии самоходных машин / В.Г. Петров. – М.: Машиностроение, 1988. – 248 с.
5. Самородов В.Б. Результаты математического моделирования трансмиссии Fendt Varіo колесных тракторов 900 серии / В.Б. Самородов, А.И. Бондаренко // Вестник НТУ «ХПИ»: сб. науч. тр. Тематический выпуск «Автомобиле- и тракторостроение». – 2011. – № 56. – С. 144–156.
6. Щельцын Н.А. Современные бесступенчатые трансмиссии с.-х. тракторов / Н.А. Щельцын, Л.А. Фрумкин, И.В. Иванов // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. – № 11. – С. 18–26.
7. Айтцетмюллер Х. Функциональные свойства и экономичность тракторной и специальной техники с трансмиссиями VDC / Х. Айтцетмюллер // Механика машин, механизмов и материалов. – 2009. – № 1(6). – С. 20–24.
8. Офіційний сайт компанії Fendt. Режим доступу до сайту: www.fendt.com.
9. Самородов В.Б. Обоснование оптимальных конструктивных параметров бесступенчатой трансмиссии трактора / В.Б. Самородов, А.В. Рогов // Вестник НТУ «ХПИ»: сб. науч. тр. Тематический выпуск «Автомобиле- и тракторостроение». – 2010. – №1. – С. 8–14.
10. Баженов С.П. Бесступенчатые передачи тяговых и транспортных машин / С.П. Баженов. – Липецк: ЛГТУ, 2003. – 81 с.

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

Стаття надійшла до редакції 15 березня 2012 р.