

УДК 629.1.07

В. Б. САМОРОДОВ, д-р. техн. наук, проф. НТУ «ХПИ»;
О. И. ДЕРКАЧ, ст. преп. НТУ «ХПИ»;
И. В. ЯЛОВОЛ, асс. НТУ «ХПИ»;
Я. М. МОРМИЛО, гл. конструктор ХКБМ, Харьков;
Н. В. ВОЛОВИК, ведущий конструктор ХКБМ;
В. И. РЕШЕТИЛО, ведущий конструктор ХКБМ;
А. Е. ПАВЛОВ, ведущий конструктор ХКБМ

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ТРАНСМИССИЙ МНОГООСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Проведен сравнительный анализ применения полнопоточной гидрообъемной и электрической (гибридной) трансмиссий многоосных транспортных средств. Определены преимущества и недостатки данных трансмиссий, проведен анализ по критерию КПД, как основного показателя, определяющего технико-экономические характеристики.

Ключевые слова: многоосное транспортное средство, трансмиссия, гидрообъемная передача, электрическая передача.

Введение. На сегодняшний день известны многоосные транспортные средства с различными типами трансмиссий. В виду того, что задачи и назначения данных транспортных средств, как правило, сопряжены с требованиями повышенной проходимости, высоким уровнем плавности хода во всем диапазоне эксплуатационных скоростей и достаточно высокими значениями максимальной скорости, конструктивно их трансмиссии получаются очень сложными, тяжелыми и занимают львиную долю полезного объема корпуса. Эти недостатки вынуждают к усовершенствованию трансмиссий многоосных транспортных средств, а также оптимизации параметров и улучшения технико-экономических показателей существующих конструкций.

Анализ имеющихся решений. Как правило, серийно производимые многоколесные транспортные средства используются в качестве машин специального назначения. Это армейские колесные БТР, спецмашины для геологоразведки и т.п. БТР производства СССР/России используют в своих трансмиссиях узлы на базе дешевых автомобильных механических агрегатов. Это достаточно сложные с точки зрения компоновки технические решения, тем не менее, лишенные возможности реализации режимов движения с высоким уровнем плавности хода, особенно в диапазоне малых скоростей.

БТР производства западных стран и Украины, например БТР-4 (Рис. 1) и семейство машин на его базе, снабжены продвинутыми трансмиссиями с использованием гидромеханических коробок передач со встроенной гидродинамической передачей. Это также весьма сложные трансмиссии с точки зрения компоновки, но имеющие возможность реализации плавного регулирования скорости движения благодаря работе гидротрансформатора.

Существуют также проекты с электрическими и гидрообъемно-механическими трансмиссиями (ГОМТ). Примером многоколесной машины с ГОМТ полнопоточного типа является так называемый «Гидроход» (Россия) (Рис. 2).

Двухпоточные ГОМТ успешно используются в наше время в тракторной технике Fendt, Claas, Massey Ferguson [8, 9, 10, 11] и в семействе гусеничных боевых машин М2

© В. Б. Самородов, О. И. Деркач, И. В. Яловол, Я. М. Мормило,
Н. В. Воловик, В. И. Решетило, А. Е. Павлов, 2012

«Бредли» производства США [6]. Также использование ГОМТ было апробировано некоторыми авторами при реализации проекта «Мотовоз технологический МТ-1» производства Украины. Пока это решение не было адаптировано для многоосных транспортных средств, хотя имеет несомненную перспективу.

В мире, на сегодняшний день, очень перспективным является направление развития электротрансмиссий (ЭТ). Работы по внедрению данного решения для многоосных транспортных средств широко проводятся в США.

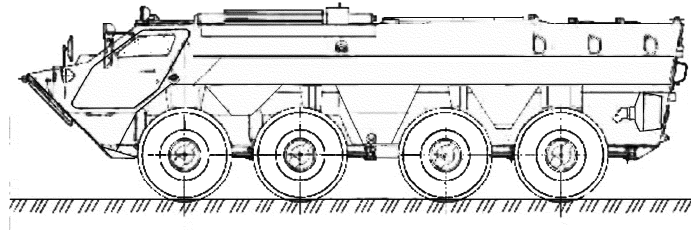


Рисунок 1 – БТР-4 производства Украины

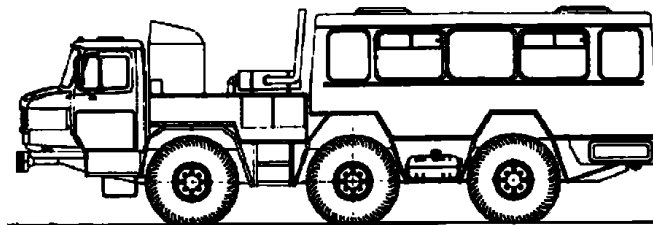


Рисунок 2 – ЗиЛ-49061 «Гидроход» производства России

Цель и постановка задачи. Целью статьи является сравнительный анализ различных типов трансмиссий для многоосных транспортных средств на примере ее возможной реализации в машине типа «Гидроход» по критерию КПД и компоновочным соображениям.

При сравнении трансмиссий таких машин, как, например, БТР-4 и «Гидроход» (Рис. 4) можно выделить следующее:

1. КПД гидромеханической трансмиссии БТР-4 находится на уровне 0,75...0,9 в основных режимах движения, а КПД полнопоточной гидрообъемной трансмиссии «Гидрохода» не превышает значения 0,76 [5];
2. Компоновка трансмиссии БТР-4 несколько сложнее из-за более развитой механической части и наличия штатного гидропривода водяного движителя;
3. Масса рассматриваемых трансмиссий примерно одинакова, т.к. несмотря на более простую компоновку, гидрообъемный привод (ГОП) состоит из весьма тяжелых гидроагрегатов;
4. Гидрообъемная трансмиссия имеет бесспорное преимущество в части плавности хода и реализации бесступенчатого режима управления движением.

Пункт 4 сравнения имеет решающее значение исходя из назначения транспортного средства. Подобными характеристиками плавности обладает и электротрансмиссия (ЭТ).

Изложение основного материала. Полнопоточная ГОМТ в своем классическом виде использована в «Гидроходе». Ее устройство показано на рисунке 3.

В последнее время широкой популярностью на транспорте стали пользоваться электромобили и автомобили с гибридной силовой установкой. Электромобили зачастую работают на накопленной энергии аккумуляторных батарей, но с учетом дороговизны, плохих массово-габаритных свойств и низкой удельной энергоемкости аккумуляторов концепция электромобиля для тяжелых машин пока мало достижима.

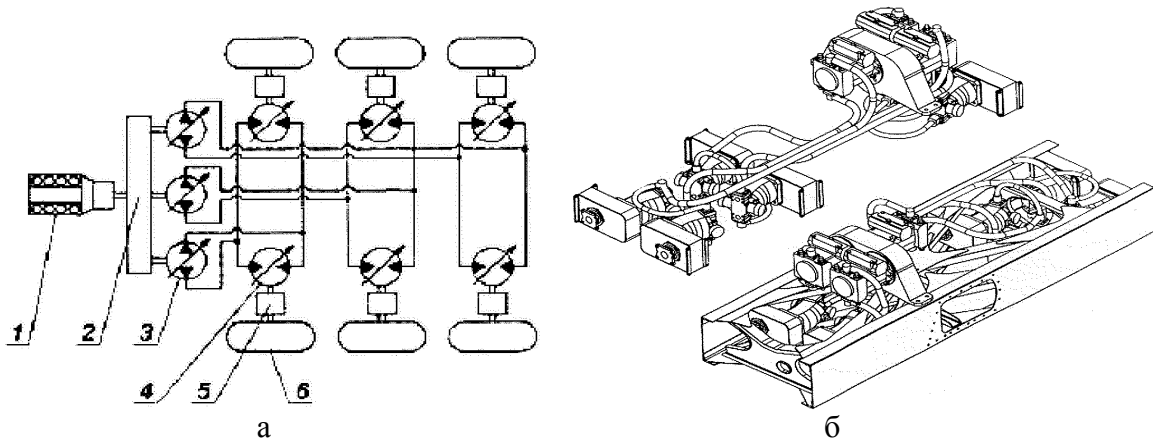


Рисунок 3 – Трансмиссия «Гидрохода»

а - устройство модульной трехконтурной гидрообъемной трансмиссии автомобиля «Гидроход»; б - внешние виды трансмиссии «Гидрохода»

1 – двигатель; 2 – раздаточный редуктор; 3 – насос; 4 – гидромотор; 5 – согласующий редуктор; 6 – колесо

Гибридные силовые установки напротив имеют очень большие перспективы применения, что обусловлено высоким КПД электрической части и возможностью максимально эффективно использовать ДВС (работа ДВС на режиме максимального КПД), а также возможность рекуперации кинетической энергии транспортного средства. Электрическая трансмиссия также как и гидрообъемная может быть двухпоточной и полнопоточной, но в отличие от ГОМТ может обходиться одной электромашинной и буфером энергии (аккумулятором).

Также полнопоточная ЭТ существенно выигрывает по многим параметрам перед полнопоточной гидрообъемной трансмиссией. Наиболее важными их отличиями являются:

- в ГОП «рабочим телом» является жидкость, которая требует наличие бака, охладителя и фильтров [1], в то время как для электрической передачи (ЭП) это электрический ток;
- управление потоком жидкости в ГОП осуществляется с помощью электро-механических золотниковых узлов, в то время как для управления ЭП применяются высоконадежные полупроводниковые элементы;
- наличие согласующих редукторов для гидромашин ГОМТ и отсутствие таковых для электромашин ЭТ.
- относительно низкий КПД полнопоточной ГОМТ в сравнении с КПД полнопоточной ЭТ (рис. 4) [1, 2, 5];
- относительно низкая стоимость и высокая технологичность изготовления электромашин ЭТ по сравнению с гидромашинами ГОМТ;
- практически не ограниченные пределы мощность ЭТ.
- интервалы регламентного обслуживания ГОМТ и ЭТ не соизмеримы, т.к. ГОМТ требует постоянного контроля чистоты рабочей жидкости и фильтров из-за наличие прецизионных пар. ЭТ на бесщёточных электромашинных (рис. 5) полностью лишена этих недостатков [7].
- рекуперация больших объемов кинетической энергии в ГОМТ практически не реализуема в отличие от ЭТ.
- управление тяговым усилием на каждом колесе многоосных ТС значительно проще в полнопоточных ЭТ по сравнению с полнопоточными ГОМТ из-за отсутствия промежуточного электро-механико-гидравлического распределителя.
- ЭТ имеет высокие перегрузочные способности (реализуемо при наличии накопителя электрической энергии) и полное отсутствие таковых для ГОМТ.

Однако:

- стоимость цветных металлов применяемых в электромашинах и использование легированных сталей и высокотехнологичного производства для гидромашин практически сводит на нет разность их себестоимостей.
- полнопоточная ГОМТ условно может использоваться как стояночный тормоз и не требовать для этого энергии, что актуально для ТС повышенной проходимости, в свою очередь удержание ТС с помощью полнопоточной ЭТ на спуске всегда будет требовать дополнительной энергии, а для ЭТ с асинхронным двигателем и вовсе не возможна. Данная проблема в ЭТ может быть решена только путем применения дополнительных механических устройств.

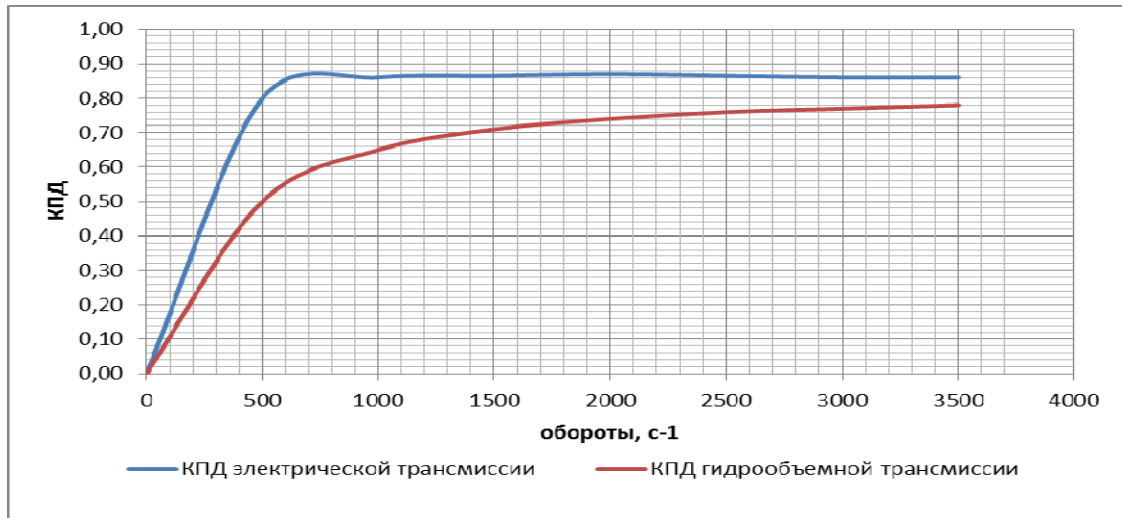


Рисунок 4 – График сравнительной характеристики КПД полнопоточных ГОМТ и ЭТ

Очевидно, решающее значение в сравнении полнопоточных ГОМТ и ЭТ имеет КПД трансмиссий, как основной показателя, определяющий технико-экономические характеристики. Из приведенного графика видно высокое значение КПД для ЭТ – 0,86...0,88 во всем диапазоне эксплуатационных частот вращения выходного вала.

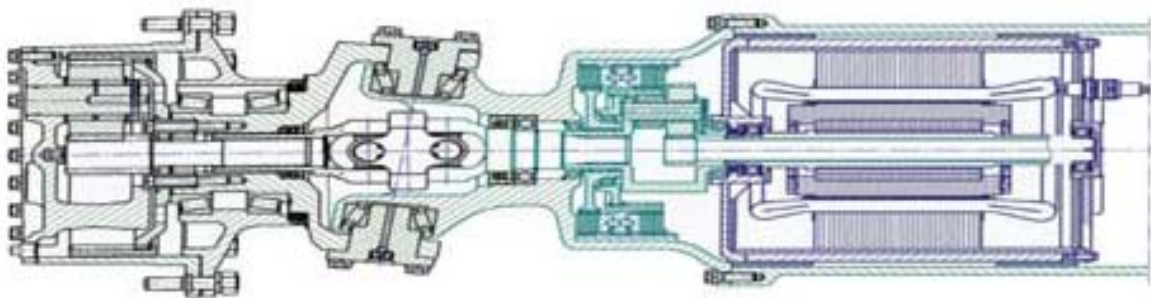


Рисунок 5 – Мотор-редуктор ведущего моста полнопоточной электротрансмиссии ТС

Выводы

1. Применение полнопоточных ГОМТ и ЭТ для многоосных транспортных средств дает существенные преимущества по плавности хода в сравнении с механической и гидромеханической трансмиссиями;
2. Полнопоточная ГОМТ значительно уступает полнопоточной ЭТ по критерию КПД. Среднеинтегральный КПД в диапазоне частот вращения выходного вала от 500 до 3500 с⁻¹ для ЭТ – 0,87 против 0,72 для ГОМТ;

3. КПД гидромеханической трансмиссии БТР-4 на уровне 0,75...0,9 в диапазоне наиболее используемых частот вращения выходного вала вполне коррелируется с КПД ЭТ - 0,86...0,88, что в сочетании с более высокими показателями плавности хода для ЭТ позволяет сделать вывод о перспективности использования ЭТ для многоосных транспортных средств.

Список литературы: 1. С.Н. Флоренцев, Д.Б. Изосимов / Комплексный подход проектирования тягового электрооборудования для электромеханических трансмиссий, Материалы 77-й международной научно-технической конференции ААИ «Автомобиле- и тракторостроение в России: приоритеты развития и подготовка кадров», Секция 3 «Электротехнические комплексы и системы на автотранспортных средствах». 2. С.Е. Петров / Оценка перспективности использования гидрообъемных трансмиссий на автомобильном транспорте, Материалы 65-й международной научно-технической конференции ААИ "Приоритеты развития отечественного автотракторостроения и подготовки инженерных и научных кадров" Секция 1 «Автомобили, тракторы, их агрегаты и системы». 3. С.Н. Флоренцев, Д.Б. Изосимов / Тяговый электропривод в гибридных транспортных средствах. Часть 1. Журнал Электронные компоненты №11 2009. 4. С.Н. Флоренцев, Д.Б. Изосимов / Тяговый электропривод в гибридных транспортных средствах. Часть 2. Журнал Электронные компоненты №12 2009. 5. Р.Г. Данилов, М.А. Малкин / Автомобили для бездорожья «Гидроход-49061». Техника и вооружение. №10 2011. 6. R. Northrup / Hydromechanical power trains. Final engineering report. №12107. General Electric Company. Pittsfield, Massachusetts. 1974. 7. Материалы сайта www.ruselprom.ru. 8. В.Б. Самородов, А.І. Бондаренко / Тенденції та перспективи застосування в автомобіле- і тракторобудуванні безступінчастих гідрооб'ємно-механічних трансмісій. Автомобільний транспорт. Сборник научных трудов. – 2012. – № 30. 9. В.Б. Самородов, В.В. Єпіфанов, А.І. Бондаренко / Безступінчасті гідрооб'ємно-механічні трансмісії як невід'ємний елемент сучасних автомобілів, будівельної і спеціальної техніки. Вісник СевНТУ. Збірник наукових праць. Серія: Машиноприладобудування та транспорт – 2012 - №134. 10. В.Б. Самородов, В.В. Єпіфанов, А.І. Бондаренко / Безступінчасті гідрооб'ємно-механічні трансмісії як невід'ємний елемент сучасних тракторів. Вісник СевНТУ. Збірник наукових праць. Серія: Машиноприладобудування та транспорт. – 2012. - №135. 11. В.Б. Самородов, О.І. Деркач, С.А. Шуба / Бесступенчатая двухпоточная гидрообъемно-механическая коробка передач для трактора с двигателем мощностью 300-350 л.с. Тракторы и сельскохозяйственные машины. – М.: Машиностроение.– 2012. – №3.

Поступила в редколлегию 22.11.2012

УДК 629.1.07

Огляд сучасних трансмісій багатівісних транспортних засобів / В. Б. Самородов, О. І. Деркач, І. В. Яловол, Я.М. Мормило, М.В. Воловик, В.І. Решетило, О.Є. Павлов // Вісник НТУ «ХП». Серія: Автомобіле- та тракторобудування, 2012. – № 64 (970). – С. 31–35. – Бібліогр.: 11 назв.

Проведено порівняльний аналіз застосування повно потокових гідрооб'ємної та електричної (гібридної) трансмісій багато вісних транспортних засобів. Визначені переваги та недоліки даних трансмісій, проведено аналіз за критерієм ККД, як основного показника, що визначає техніко-економічні характеристики.

Ключові слова: багатівісний транспортний засіб, трансмісія, гідрооб'ємна передача, електрична передача.

The organized benchmark analysis of the using full-flow hydrovolumetric and electric (hybrid) transmissions many-axis transport facilities. The certain advantage and defect specified transmissions, is organized analysis on criterion KPD as the leading index, which defining technical-economic features.

Keywords: many-axis transport facility, transmission, hydrovolumetric transmission, electric transmission.