

УДК 629.1.07

В. Б. САМОРОДОВ, д-р. техн. наук, проф. НТУ «ХПІ»;**О. И. ДЕРКАЧ**, ст. преп. НТУ «ХПІ»;**С. А. ШУБА**, ст. преп. НТУ «ХПІ»;**Я. М. МОРМИЛО**, гл. конструктор ХКБМ, Харьков;**А. В. ПОТОРОКА**, ведущий конструктор ХКБМ;**А. А. БУТЫЛИН**, ведущий конструктор ХКБМ;**С. В. ЖУРАВЛЕВ** ведущий конструктор ХКБМ

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГОМТ В МНОГОКОЛЕСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ

В статье представлены материалы, указывающие на преимущества применения ГОМТ в многоколесных транспортных средствах на примере его применения в составе БТР-4. Применение бесступенчатой двухпоточной гидрообъемно-механической трансмиссии является альтернативой, которая сможет объединить достоинства передовых технических решений при приемлемых значениях КПД. Предлагаемая бесступенчатая трансмиссия построена по принципу суммирования механического и гидравлического потоков мощности дифференциалом на выходе и реализует три диапазона, включаемые последовательно, с помощью фрикционных муфт коробки с полной синхронизацией управляющих элементов при управлении насосом.

Ключевые слова: бесступенчатая трансмиссия, гидрообъемная передача, дифференциал, поворот.

Введение. К современным многоколесным транспортным средствам предъявляются повышенные требования по маневренности и удобству управления. Классические технические решения с применением механических и гидромеханических трансмиссий [1-4] уже практически исчерпали свои возможности по удовлетворению данных требований, поэтому необходим поиск альтернативных решений, в том числе в среде смежных по назначению транспортных средств [5].

Анализ имеющихся решений. Как правило, серийно производимые многоколесные транспортные средства используются в качестве машин специального назначения. Это армейские колесные БТР, спецмашины для транспортировки ракетных комплексов и т.п. БТР-60/70/80 производства СССР/России используют в своих трансмиссиях узлы на базе дешевых автомобильных механических агрегатов. БТР производства стран НАТО и Украины (БТР-4 (рис. 1) и семейство машин на его базе) снабжены трансмиссиями с использованием гидромеханических коробок передач со встроенной гидродинамической передачей [6]. Управление поворотом данных машин выполнено по автомобильному принципу, коробки передач ступенчатые и имеют ручное и/или автоматическое управление.

Между тем, введение межбортового дифференциального механизма с гидрообъемным приводом в состав трансмиссии БТР-90 (Россия) [7] (рис. 2) позволило существенно повысить уровень поворотливости машины за счет принудительного изменения частоты вращения ведущих колес соответствующего борта, обеспечив возможность разворота на месте с радиусом поворота равным половине колеи. А известная гидрообъемная трансмиссия «Гидрохода» (Россия) [8] (рис. 3) кроме этого позволяет еще и бесступенчато изменять скорость движения. Подобными качествами обладают и опытные транспортные средства с электрическими трансмиссиями.

© В. Б. Самородов, О. И. Деркач, С. А. Шуба, Я. М. Мормило, А. В. Поторока, А. А. Бутылин, С. В. Журавлев, 2015

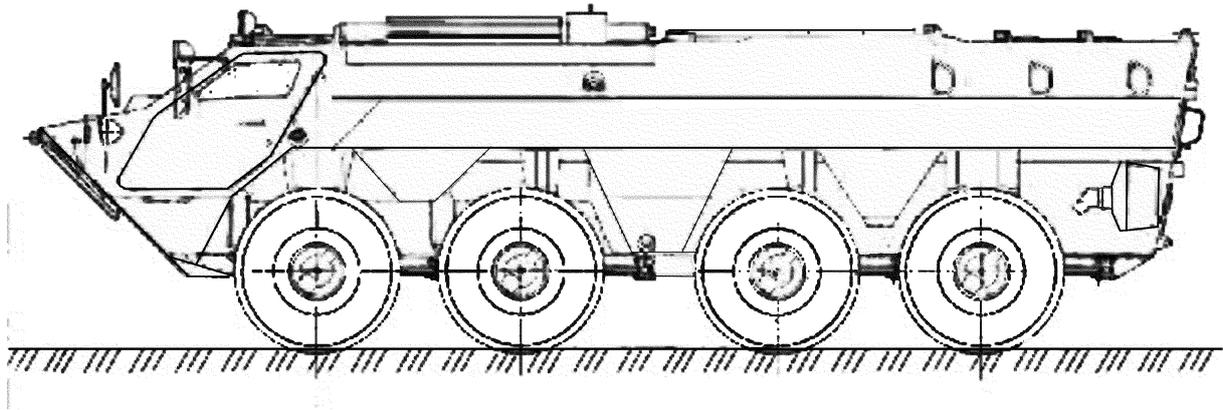


Рисунок 1 – БТР-4 производства Украины

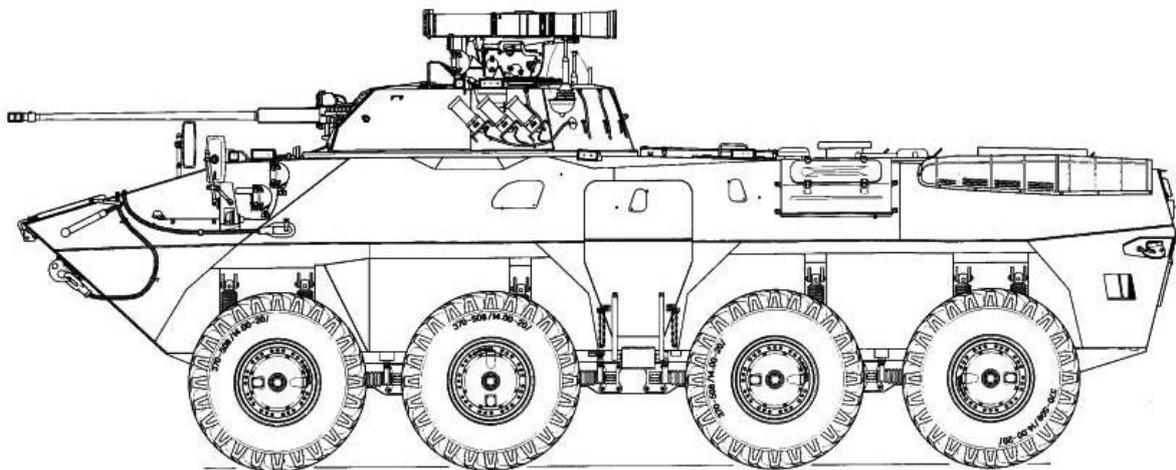


Рисунок 2 – БТР-90 производства России

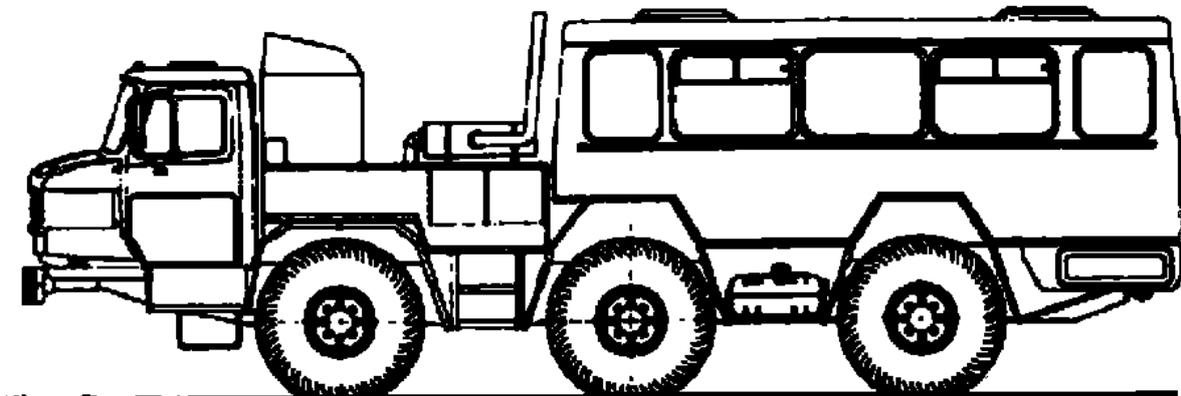


Рисунок 3 – ЗиЛ-49061 «Гидроход» производства России

Однако, решение трансмиссии БТР-90 приводит к увеличению массы из-за наличия дополнительного привода, а полнопоточные версии гидрообъемных трансмиссий отличаются невысокими значениями КПД. Работы над электротрансмиссиями же еще не вышли из стадии экспериментов.

Возможной альтернативой, которая сможет объединить достоинства вышерассмотренных передовых технических решений при приемлемых значениях КПД является применение бесступенчатой двухпоточной гидрообъемно-механической трансмиссии (ГОМТ) [9].

Постановка задачи. Целью статьи является обоснование целесообразности использования ГОМТ для многоколесных транспортных средств.

Для этого ГОМТ гусеничного транспортного средства [10] предлагается адаптировать в машину типа БТР-4, встроив ее вместо штатных коробки передач и коробки раздаточной. Передачу мощности к ведущим колесам предлагается передавать по бортам в соответствии с так называемой Н-образной схемой. Кинематическая схема такой ГОМТ представлена на рис. 4.

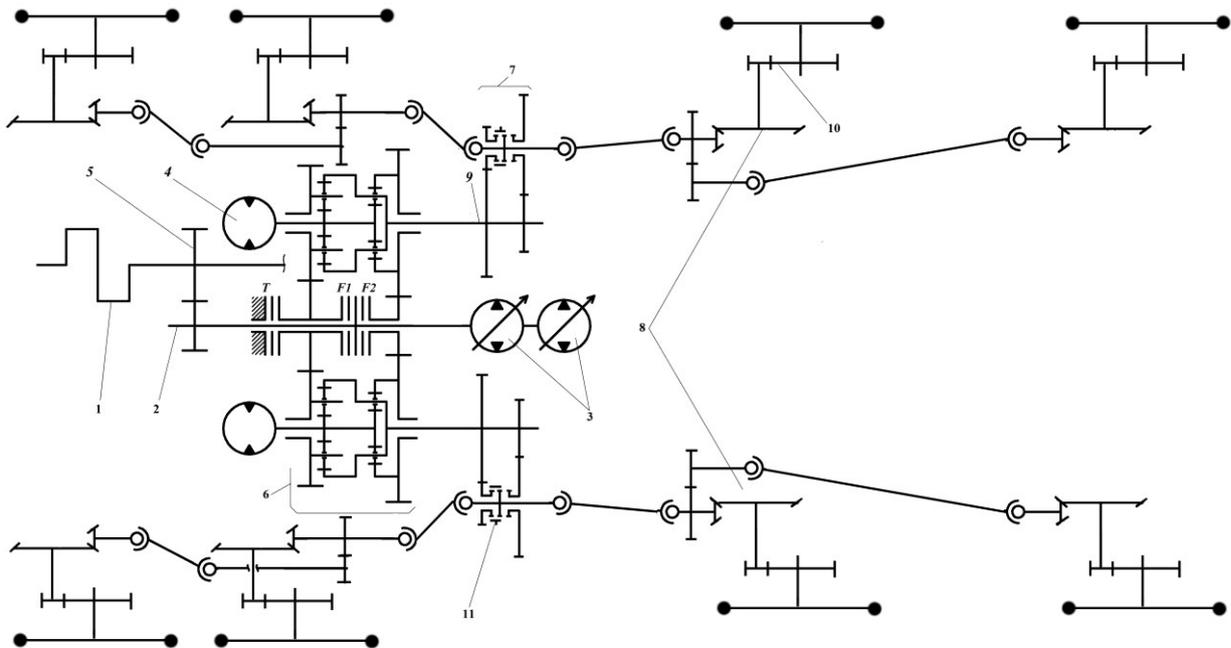


Рисунок 4 – Кинематическая схема ГОМТ Н-образного типа для БТР-4:

- 1 – дизель; 2 – входной редуктор; 3 – управляемый гидронасос; 4 – гидромотор;
- 5 – первичный вал; 6 – коробка передач с планетарными рядами и редукторами;
- 7 – коробка раздаточная; 8 – приводы конечных передач; 9 – вторичные валы левого и правого бортов соответственно; 10 – конечная передача; 11 – муфта переключения штатного и пониженного режимов движения

Анализ применения схемы ГОМТ Н-образного типа для БТР-4. Для того, чтобы адаптировать ее для установки в БТР, нужно учесть следующие требования к данному транспортному средству:

1. Максимальная скорость движения до 120 км/ч;

2. Возможность реализации высоких тяговых показателей на скоростях 0...24 км/ч с максимальной загрузкой двигателя;
3. Реализация режима заднего хода до скоростей 20...30 км/ч;
4. Возможность разворота на месте с радиусом разворота близким по значению к половине колеи транспортного средства.

Предлагаемая бесступенчатая трансмиссия построена по принципу суммирования механического и гидравлического потоков мощности дифференциалом на выходе и реализует три диапазона, включаемые последовательно, с помощью фрикционных муфт коробки с полной синхронизацией управляющих элементов при управлении насосом (параметром регулирования насоса ГОП e) в соответствии с регуляторной характеристикой, представленной на рис. 5.

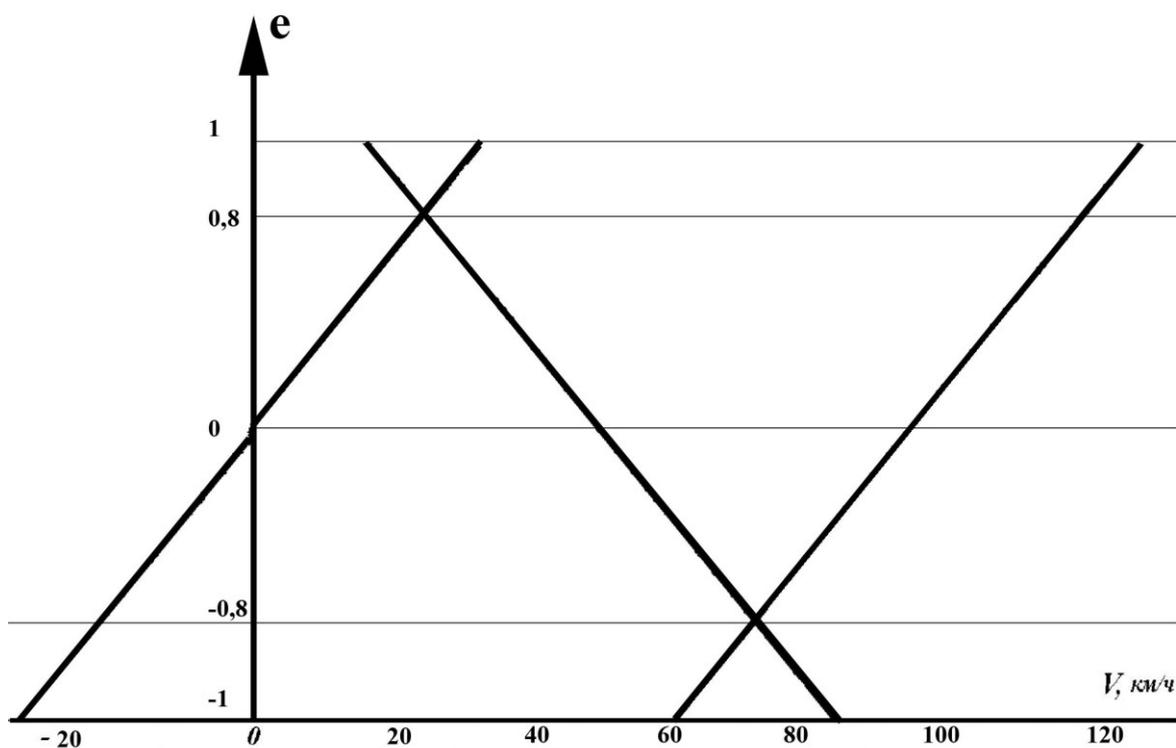


Рисунок 5 – Регуляторная характеристика ГОМТ для БТР-4

Описание работы ГОМТ. Первый диапазон – полнопоточный, в коробку передач входит мощность только от гидравлической ветви. Включается фрикционной муфтой Т. Скорость движения транспортера варьируется в пределах от 0 до 24 км/ч как передним, так и задним ходом.

Второй и третий диапазоны – двухпоточные, мощность суммируется на планетарных рядах вторичных валов от гидравлической и механической ветвей.

Второй диапазон включается фрикционной муфтой F2. Скорость движения транспортера варьируется в пределах от 24 до 72 км/ч.

Третий диапазон включается фрикционной муфтой F1. Скорость движения транспортера варьируется в пределах от 72 до 120 км/ч.

Гидрообъемный привод (ГОП) трансмиссии включает в себя пару управляемых гидронасосов с максимальным значением объемной постоянной 180...220 см³/об и пару

нерегулируемых гидромоторов с объемной постоянной также 180...220 см³/об. Каждый насос обслуживает соответствующий гидромотор определенного борта.

Для обеспечения поворота «по танковому» (за счет принудительного изменения частоты вращения ведущих колес соответствующего борта) в ГОМТ предусматривается дифференциальное управление гидронасосами по бортам, т.е. на забегающем борту путем регулировки параметра ϵ происходит увеличение линейной скорости, а на отстающем – пропорциональное уменьшение. Таким образом, при повороте соответствующие значения параметров ϵ на регуляторных характеристиках ГОМТ разных бортов будут различными, а средняя теоретическая скорость линейного движения БТР останется неизменной. Для осуществления поворота транспортного средства в зонах регуляторной характеристики, близких к точкам переключения рабочих диапазонов, предусмотрен запас по параметру ϵ от $\pm 0,8$ до ± 1 , т.е. синхронное переключение с диапазона на диапазон осуществляется при значениях параметров $\epsilon = \pm 0,8$.

Для расширения силового диапазона трансмиссии она снабжена раздаточной коробкой с возможностью включения понижающей передачи. Скорость движения на пониженной передаче уменьшается в два раза по отношению к штатной, соответственно тяговое усилие в два раза увеличивается.

Среднее значение КПД такой трансмиссии на наиболее часто эксплуатируемых скоростных режимах ожидается на уровне 0,86...0,89.

Выводы. Таким образом, использование ГОМТ на многоколесных транспортных средствах полностью оправдано и отвечает всем современным требованиям для машин данного класса. Причем ГОПы используются не только в прямолинейном движении, но и в повороте.

Данная ГОМТ является представителем семейства трансмиссий, предназначенных для использования в железнодорожных машинах, тракторах и машинах специального назначения.

Поворот БТР с ГОМТ как в чистом виде, так и в сочетании со штатной рулевой системой является предметом дополнительного исследования. Особенный интерес вызывает изучение процесса поворота в точках синхронизированного переключения диапазонов и достижения максимальных скоростей переднего и заднего хода.

Список литературы: 1. *Петров В.А.* Гидрообъемные трансмиссии самоходных машин. - М.: Машиностроение, 1988. - 248 с. 2. Объемные гидромеханические передачи: Расчет и конструирование / *О.М. Бабаев, Л.И. Игнатов, Е.С. Кисточкин и др.*-Л.: Машиностроение, 1987.-256 с. 3. *Александров Е.Е., Самородов В.Б., Волонцевич Д.О., Палащенко А.С.* Колесные и гусеничные машины высокой проходимости. В 10-ти томах. Том 3: Бесступенчатые трансмиссии: расчет и основы конструирования. –Харьков, ХГПУ, 1997. –185с. 4. Динамика транспортно-тяговых колесных и гусеничных машин / *Александров Е.Е., Самородов В.Б., Лебедев А.Т., и др.* – Харьков: ХГАДТУ, 2001.-642 с. 5. *Щельцын Н. А.* Современные бесступенчатые трансмиссии с.-х. тракторов / *Н. А. Щельцын, Л. А. Фрумкин, И. В. Иванов* // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2011. –№11. С. 18-24. 6. *Каторгин А. Н.* БТР-4Е – первый украинский бронетранспортер / *А. Н. Каторгин, С. Е. Воронин, А. А. Павлюченко, С. Е. Токарь, А. А. Сергиенко* // *Механіка та машинобудування.* – 2012. – № 2. – С. 99–104. 7. БТР-90 «Росток» (ГАЗ 5923) Боевая колёсная плавающая бронемашина. – Режим доступа : <http://www.military-informer.narod.ru/BTR90.html>. –

Дата звертання : 12 грудня 2014. **8.** *Першин П.* Российский «Гидроход» / *П. Першин* // «Грузовик Пресс». – 2004. – №5. – Режим доступу : http://www.gruzovikpress.ru/article/razrabotki/2004_05_A_2004_11_04-15_13_41/. – Дата звертання : 12 грудня 2014. **9.** *Самородов В. Б.* Обзор современных трансмиссий многоосных транспортных средств. *В. Б. Самородов, О. И. Деркач, И. В. Яловол, Я. М. Мормило, Н. В. Воловик, В. И. Решетило, А. Е. Павлов* // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – 2012. – № 64 (970). – С. 31-35. **10.** *Самородов В. Б.* Оригинальная бесступенчатая гидрообъемно-механическая трансмиссия для гусеничных тракторов / *В. Б. Самородов, О. И. Деркач, С. А. Шуба, И. В. Яловол* // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – 2014. – № 8 (1051). – С. 26-32.

Bibliography (transliterated): **1.** *Petrov V.A.* Hidroob#jomnye transmissii samohodnyh mashin. – Moscow: Mashinostroenie, 1988. – 248 p. **2.** Ob#emnye gidromechanicheskie peredachi: Raschet i konstruirovaniye / *O.M. Babaev, L.I. Ignatov, E.S. Kistochkin i dr.* – Leningrad: Mashinostroenie, 1987.–256 p. **3.** *Aleksandrov E.E., Samorodov V.B., Voloncevich D.O., Palashhenko A.S.* Kolesnye i gusenichnye mashiny vysokoj prohodimosti. V 10-ti tomah. Tom 3: Besstupenchatye transmissii: raschet i osnovy konstruirovaniya. – Kharkov, HGPU, 1997. –185p. **4.** Dinamika transportno-tjagovyh kolesnyh i gusenichnyh mashin / *Aleksandrov E.E., Samorodov V.B., Lebedev A.T., i dr.* – Kharkov: HGADTU, 2001. – 642 p. **5.** Shhel'syn N. A. Sovremennye besstupenchatye transmissii s.-h. traktorov / *N. A. Shhel'syn, L. A. Frumkin, I. V. Ivanov* . Traktory i sel'skohozjajstvennye mashiny. – 2011. –No11. P. 18-24. **6.** *Katorgin A. N.* BTR-4E – pervyj ukrainskij bronetransporter / *A. N. Katorgin, S. E. Voronin, A. A. Pavljuchenko, S. E. Tokar', A. A. Sergienko* . Mehanika ta mashinobuduvannja. – 2012. – No 2. – P. 99–104. **7.** BTR-90 «Rostok» (GAZ 5923) Boevaja koljosnaja plavajushhaja bronemashina. – Rezhim dostupu : <http://www.military-informer.narod.ru/BTR90.html>. – Data zvertannja : 12 grudnja 2014. **8.** *Pershin P.* Rossijskij «Gidrohod» / *P. Pershin* . «Gruzovik Press». – 2004. – No5. – Rezhim dostupu : http://www.gruzovikpress.ru/article/razrabotki/2004_05_A_2004_11_04-15_13_41/. – Data zvertannja : 12 grudnja 2014. **9.** *Samorodov V. B.* Obzor sovremennyh transmissij mnogoosnyh transportnyh sredstv. *V. B. Samorodov, O. I. Derkach, I. V. Jalovol, Ja. M. Mormilo, N. V. Volovik, V. I. Reshetilo, A. E. Pavlov* . Visnik NTU «KhPI». Serija: Avtomobile- ta traktorobuduvannja. – 2012. – No 64 (970). – P. 31–35. **10.** *Samorodov V. B.* Original'naja besstupenchataja gidroob#emno-mechanicheskaja transmissija dlja gusenichnyh traktorov / *V. B. Samorodov, O. I. Derkach, S. A. Shuba, I. V. Jalovol* . Visnik NTU «KhPI». Serija: Avtomobile- ta traktorobuduvannja. – 2014. – No 8 (1051). – P. 26-32.

Надійшла (received) 05.02.2015