

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРООБЪЁМНОЙ ПЕРЕДАЧИ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМ СРЕДСТВОМ ВЫСОКОЙ ПРОХОДИМОСТИ

А. Ю. Барыкин¹, Д. И. Нуретдинов¹, А. А. Малаховецкий²

¹*Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» (г. Набережные Челны, Российская Федерация)*

²*Филиал ВА МТО в г. Омске (г. Омск, Российская Федерация)*

***Аннотация.** Статья посвящена вопросам выбора системы управления движением применительно к транспортному средству высокой проходимости. Показана актуальность исследования эксплуатационных параметров гидрообъемной передачи с целью использования её в приводе. Дан краткий анализ преимуществ и недостатков распределения крутящих моментов для бортовой схемы трансмиссии. Описана математическая модель рабочих процессов гидрообъемной передачи, применяемой в трансмиссии транспортного средства высокой проходимости.*

***Ключевые слова:** транспортное средство; вездеход; трансмиссия; гидрообъемная передача; гидронасос; гидромотор; управляемость; бортовой привод.*

RELEVANCE OF APPLICATION OF HYDRAULIC VOLUME TRANSMISSION IN THE CONTROL SYSTEM OF HIGH PERFORMANCE TRANSPORT VEHICLES

A. Yu. Barykin¹, D. I. Nuretdinov¹, A. A. Malakhovetski²

¹*Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University*

(Naberezhnye Chelny, Russian Federation)

²*Branch Military Logistics Academy (Omsk, Russian Federation)*

***Annotation.** The article is devoted to the issues of choosing a traffic control system in relation to a high-traffic vehicle. The relevance of the study of the operating parameters of the hydrostatic transmission for the purpose of using it in the drive is shown. A brief analysis of the advantages and disadvantages of torque*

distribution for the on-board transmission scheme is given. A mathematical model of the working processes of a hydrostatic transmission used in the transmission of a high cross-country vehicle is described.

Keywords: *vehicle; all-terrain vehicle; transmission; hydro-volumetric transmission; hydraulic pump; hydraulic motor; controllability; onboard drive.*

К транспортным средствам высокой проходимости, применяемым в отечественном народном хозяйстве, предъявляется ряд требований. Среди них, помимо возможности движения по деформируемым грунтам и пересечённой местности, необходимо выделить управляемость, которая существенно зависит от конструктивной схемы трансмиссии.

Достаточно распространённой является бортовая схема распределения мощности, которая обеспечивает ряд преимуществ при эксплуатации в сложных условиях [1]. При этом тип привода, обеспечивающий передачу крутящих моментов к движителю, может быть различным. Чаще используется механический привод, обладающий высокой надёжностью и безотказностью. К его недостаткам следует отнести высокую металлоёмкость, габаритные размеры узлов и массу, необходимость поиска компоновочного решения для размещения агрегатов привода в достаточно малом пространстве.

Одним из альтернативных вариантов является применение гидрообъёмного (гидростатического) привода (ГОП). Работы по применению ГОП на колёсных и гусеничных машинах проводились во второй половине XX века в ряде стран. В США и Швеции машины с ГОП производились серийно [3]. В настоящее время на АО «Ремдизель» (Набережные Челны) проводятся мероприятия по разработке и эксплуатационным испытаниям ГОП в механизме поворота лёгкого многоцелевого шасси МТ-ЛБ с заменой силового агрегата ЯМЗ-238 на двигатель КАМАЗ 740.50-360. Данный тягач использовался с 1980-х гг. в народном хозяйстве как легкий многоцелевой вездеход, применяемый в условиях Сибири и Крайнего Севера. В модернизированной машине МТ-ЛБ использована схема с полнопоточной гидростатической трансмиссией и двумя автономными насосными станциями, обеспечивающими привод бортов.

К основным достоинствам ГОП можно отнести бесступенчатую работу при изменении режима движения и высокую гиб-

кость размещения узлов при компоновке. Плавное и непрерывное изменение крутящего момента в приводе обеспечивает высокие показатели проходимости и управляемости. Лёгкость изменения конфигурации привода повышает эффективность компоновочных решений трансмиссии и системы управления.

Кроме того, использование ГОП обеспечивает высокую мобильность машины и удобство управления благодаря реверсивности конструкции, возможности изменения режима движения за счёт регулирования параметров привода. Следует отметить также надёжную работу привода при движении с малой скоростью, что особенно важно для машин высокой проходимости.

Однако у ГОП есть и существенные недостатки. Наиболее важным из них является ограниченный КПД в части рабочего диапазона (по данным работы [2], КПД привода серийно производившихся машин составлял 0,75...0,85, в более поздней работе [3] приводится диапазон значений КПД гидрообъёмной трансмиссии 0,85...0,89 без учёта потерь на подпитывающий привод гидронасоса и потери в трубопроводах).

Кроме того, по данным [2], в зависимости от выбранной величины рабочего давления в приводе, необходимо считаться либо с увеличением массогабаритных показателей (при давлении 10...15 МПа и менее), либо с затратами на эффективные уплотнения и другие мероприятия по обеспечению герметичности надёжности работы (при давлении до 28...35 МПа). В [3] приводятся значения удельной массы гидроагрегата в диапазоне 2...5 кг/кВт. Однако в работе [4] указано, что современные конструкции ГОП имеют приемлемые массогабаритные показатели. Например, при давлении 20...25 МПа удельная масса насоса составляет 0,2...0,3 кг/кВт, что отмечается в работе [4] как основное преимущество ГОП.

Известны различные схемы применения ГОП в трансмиссии транспортных средств [2, 5, 7]. Возможно применение одного гидронасоса и одного гидромотора, соединённых последовательно и осуществляющих привод движителей через механическую часть трансмиссии (центральные конические и бортовые редукторы, механизмы поворота и др.). В этом случае каждый гидроагрегат воспринимает максимальную мощность двигателя.

Для совершенствования указанной схемы предпринимались конструктивные меры по распределению потоков мощности. Из-

вестны схемы с двух- и трёхпоточным распределением мощности (т. н. дифференциальные ГОП), где гидроагрегаты действуют параллельно со сквозной механической связью двигателя и движителей. Это позволяет уменьшить размеры и массу гидроагрегатов, повысить общий КПД трансмиссии, однако заметно усложняет конструкцию и техническое обслуживание.

Наиболее эффективным представляется вариант с увеличением числа гидроагрегатов для выполнения функций распределения мощности по движителям и управления движением машины. Возможно применение двух, четырёх и более гидромоторов в зависимости от выбранной схемы привода движителей (бортовой или индивидуальной). Анализ показывает, что в этом случае одновременно реализуются режимы плавного бесступенчатого изменения передаваемой мощности и радиусов поворота машины.

Развитием данной схемы является вариант с одним гидронасосом и двумя или более гидромоторами, позволяющий приводить в движение несколько движителей (ведущих колёс, опорных катков). Такая конструкция, в частности, применяется специалистами АО «Ремдизель» для лёгкого многоцелевого шасси МТ-ЛБ (один гидронасос и два гидромотора). Достоинством данной схемы является возможность ступенчатого регулирования режимов движения без изменения положения регулирующих органов гидронасоса и гидромотора (за счёт изменения распределительным краном типа соединения моторов на последовательное, параллельное или параллельно-последовательное). Данная конструкция также позволит избежать установки дополнительных механических узлов, которые невозможно разместить в ограниченном пространстве трансмиссионного отделения, обеспечить бесступенчатый поворот как на ускоренном, так и на замедленном режимах движения. Этот вариант также отличается незначительной стоимостью и сроками реализации, не потребует значительных трансформаций МТ-ЛБ.

Однако, как и в первом варианте, гидронасос воспринимает максимальную мощность двигателя, что приводит к увеличению его массово-геометрических параметров. В данной схеме также ограничены возможности бесступенчатого регулирования соотношения скоростей бортовых движителей при повороте машины.

Нагружение ГОП рассматривается для схемы с двумя гидронасосами и двумя гидромоторами, полностью заменяющими механические агрегаты трансмиссии (рисунок 1). Данная схема в наилучшей степени реализует функции управления движением транспортного средства. Обычные линии указывают на механические связи в трансмиссии, линии со стрелками – на гидравлические связи.

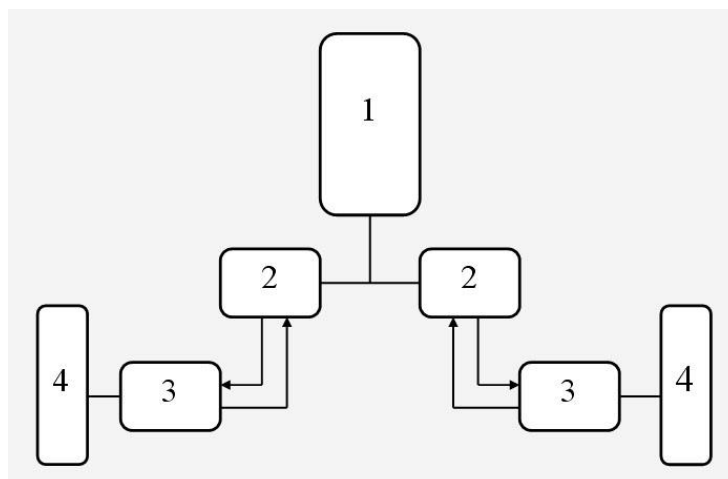


Рисунок 1 – Структурная схема ГОП: 1 – двигатель внутреннего сгорания; 2 – гидронасосы; 3 – гидромоторы; 4 – ведущие колёса

Схема с отдельной ГОП в каждой бортовой ветви позволяет обеспечить автоматическое регулирование процесса поворота как по величине радиуса поворота, так и по соотношению скоростей отстающего и забегающего бортов. Меняя передаточные числа в каждой ГОП по заданному закону (затормаживая ГОП борта), можно получить любое соотношение скоростей движения бортовых движителей. Как указано в работе [2], такой конструктивный вариант позволяет упростить механическую часть трансмиссии (исключить некоторые фрикционные механизмы). Но при всех достоинствах данной схемы у нее есть значительный недостаток такой как невозможность применения ее на уже существующих образцах гусеничной техники без глубокой модернизации и внесения в трансмиссию значительных конструктивных изменений, что в свою очередь может привести к значительному увеличению трудозатрат и стоимости модернизации.

Выводы:

1. Для применения в трансмиссии легкой вездеходной машины наиболее рациональным является вариант конструкции с одним гидронасосом и двумя гидромоторами.

2. Схема с одним гидронасосом и двумя гидромоторами обеспечивает возможность плавного регулирования режимов движения и управления поворотами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Платонов В. Ф. Полноприводные автомобили. – М. : Машиностроение, 1989. 312 с.

2. Расчёт и конструирование гусеничных машин / Н. А. Носов, В. Д. Галышев, Ю. П. Волков, А. П. Харченко. Ленинград : Машиностроение, 1972. 560 с.

3. Оsepчугов В. В., Фрумкин А. К. Автомобиль: Анализ конструкций, элементы расчета : учебн. для студ. вузов по спец. «Автомобили и автомобильное хозяйство». М. : Машиностроение, 1989. 304 с.

4. Селифонов В. В. Автоматические системы автомобиля : учебник для вузов. М. : ООО «Гринлайт», 2011. 312 с.

5. Аксиально-поршневой регулируемый гидропривод / Под ред. В. Н. Прокофьева. М. : Машиностроение, 1969.

6. Barykin, A. Yu., Takhaviev, R.Kh., Samigullin, A.D. The research of thermal processes of the automobile chassis // International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development. 2018. Vol. 8, Special Issue 8, Oct 2018, 458-464.

7. Вездеходные транспортно-технологические машины. Основы теории движения / Под общ. ред. В. В. Белякова и А. П. Куляшова. Нижний Новгород : ТАЛАН, 2004. 961 с.

REFERENCES

1. Platonov V. F. Polnoprivodnye avtomobili. [All-wheel drive vehicles]. Moscow, Mashinostroenie, 1989, 312 p.

2. Nosov N. A., Galyshev V. D., Volkov Yu. P., Kharchenko A. P. Raschet i konstruirovaniye gusenichnykh mashin [Calculation and design of caterpillar machines]. Leningrad, Mashinostroenie, 1972. 560 p.

3. Osepchugov V. V., Frumkin A. K. Avtomobil': Analiz konstruktsii, elementy rascheta [Automobile: Analysis of structures, elements of calculation]. Moscow, Mashinostroenie, 1989. 304 p.

4. Selifonov V. V. Avtomaticheskie sistemy avtomobilia [Automatic systems of the automobile]. Moscow, Grinlait, 2011. 312 p.

5. Aksial'noporshnevoi reguliruemyi gidroprivod [Axial-piston adjustable

hydraulic drive]. Ed. V. N. Prokof'ev. Moscow, Mashinostroenie, 1969.

6. Barykin A.Yu., Takhaviev R.Kh., Samigullin A.D. The research of thermal processes of the automobile chassis [The research of thermal processes of the automobile chassis]. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development*, 2018, vol. 8, special issue 8, pp. 458-464.

7. Vezdekhodnye transportno-tekhnologicheskie mashiny. Osnovy teorii dvizheniia [All-terrain transport and technological machines. Fundamentals of the theory of motion]. Ed. V. V. Beliakov, A. P. Kuliashov. Nizhnii Novgorod, TALAM, 2004, 961 p.

Об авторах:

Барыкин Алексей Юрьевич, доцент кафедры эксплуатации автомобильного транспорта Набережночелнинского института (филиала) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» (420008, Российская Федерация, Казань, ул. Кремлевская, 18), кандидат технических наук, доцент, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8552-1451>, AJBarykin@kpfu.ru.

Нуретдинов Дамир Имамутдинович, доцент кафедры эксплуатации автомобильного транспорта Набережночелнинского института (филиала) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» (420008, Российская Федерация, Казань, ул. Кремлевская, 18), кандидат технических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2455-0563>, DINuretdinov@kpfu.ru.

Малаховецкий Алексей Андреевич, адъюнкт Омского филиала военной академии МТО (644098, г. Омск, п. Черёмушки, 14 военный городок), mormosets@mail.ru.

About the authors:

Alexey Yu. Barykin, associate professor of the Department of Road Transport Operations, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University (420008, Russian Federation, Kazan, Kremlin Street, 18), Cand.Sc. (Engineering), associate professor, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8552-1451>, AJBarykin@kpfu.ru.

Damir I. Nuretdinov, associate professor of the Department of Road Transport Operations, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga region) Federal University (420008, Russian Federation, Kazan, Kremlin Street, 18), Cand.Sc. (Engineering), associate professor, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2455-0563>, DINuretdinov@kpfu.ru.

Alexey A. Malakhovetskii, graduated in a military academy, Branch Military Logistics Academy (644098, Omsk, Cheryomushki village, 14 military town), mormosets@mail.ru.