

Кроме того, эффект от использования предлагаемого технического решения состоит в том, что оно требует для своей реализации более простого механизма управления двигателем, простота которого определяется тем, что он необходим лишь для прекращения подачи топлива в соответствующие цилиндры или для задания полной подачи топлива, а также сигнала управления приводами открытия и закрытия клапанов. А использование в качестве приводов клапанов электрических, гидравлических, электрогидравлических или иных исполнительных элементов, позволяет исключить из состава двигателя механический ГРМ, а, следовательно, снизить потери на привод вспомогательных агрегатов.

Одним из эффективных методов повышения экономичности работы транспортных дизелей на режимах преимущественной эксплуатации является совершенствование механизма газораспределения в направлении создания гибкого привода клапанов.

Основные конструктивные преимущества такого типа привода заключаются в упрощении компоновки крышки цилиндра (головки блока цилиндров), снижении динамических нагрузок, уровня шума и затрат металла, повышении уровня автоматизации за счет регулирования в требуемом диапазоне фаз газораспределения и закона движения клапанов.

Литература

1. Двигатели внутреннего сгорания. Под. общ. ред. А.С. Орлина. Л.: Машиностроение, 1988. 420 с.
2. Балабин В. Н. Альтернативные немеханические системы газораспределения для дизелей / Мир транспорта, № 2, 2004, с. 52-57.
3. Патент на изобретение № 2146010 от 27 февраля 2000 г. Двигатель внутреннего сгорания. Грабовский А. А.

Использование гидрообъемных трансмиссий в конструкции автотранспортных средств

Курмаев Р.Х., Петров С.Е.

ОАО «НАМИ-Сервис», МГТУ «МАМИ»

Использование того или иного варианта схемы соединения насосов и гидромоторов в гидрообъемной трансмиссии (ГОТ) обусловлено, в первую очередь, назначением автотранспортного средства, особенностями работы ГОТ (бортовая система поворота, дифференциальная связь между ведущими колесами, секционный блокированный привод и др.), требованиями по диапазону регулирования трансмиссии, а также параметрами гидромашин и номенклатурой гидроагрегатов, находящихся в распоряжении разработчика.

На основании результатов проведенного обзора гидрокинематических схем ГОТ анализируем несколько основных их вариантов, которые позволяют максимально реализовать потенциальные преимущества ГОТ. Как отмечалось, выбор схемы ГОТ во многом зависит от назначения автотранспортного средства (АТС), целей и задач, которые планируется решать с его помощью. Так, например, авиационный тягач, автомобиль повышенной проходимости (АВП) по грунтам с низкой несущей способностью, АВП для транспортировки вооружения могут иметь разные гидравлические схемы.

Одним из главных преимуществ ГОТ по сравнению с механической трансмиссией является имеющаяся в ней возможность принудительного бесступенчатого изменения (регулирования) ее передаточного числа. За счет этого система автоматического управления ГОТ может осуществлять регулирование распределения крутящих моментов по колесам АТС по желаемому закону с учетом текущих значений характеристик контакта «колесо-грунт» под каждым из ведущих колес.

В качестве примера практической реализации на рисунке 1 приведена схема ГОТ автомобиля высокой проходимости с колесной формулой 4×4, в которой количество насосов и контуров, равное числу ведущих колес.

Для АТС с большим числом ведущих колес такой вариант ГОТ конструктивно трудно-

выполним.

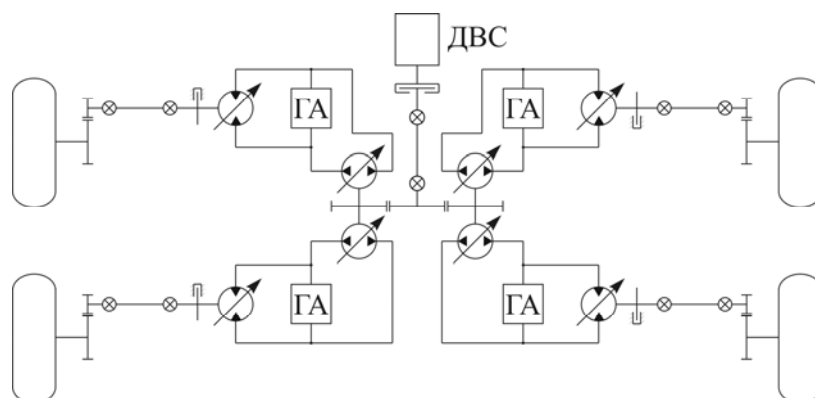


Рис. 1. ГОТ автомобиля высокой проходимости с индивидуальным приводом каждого колеса: ГА – система гидроавтоматики

Другим примером ГОТ является схема сочлененной машины НАМИ-0352 8×8, изображенная на рисунке 2, где гидрообъемный привод сочетается с механическим.

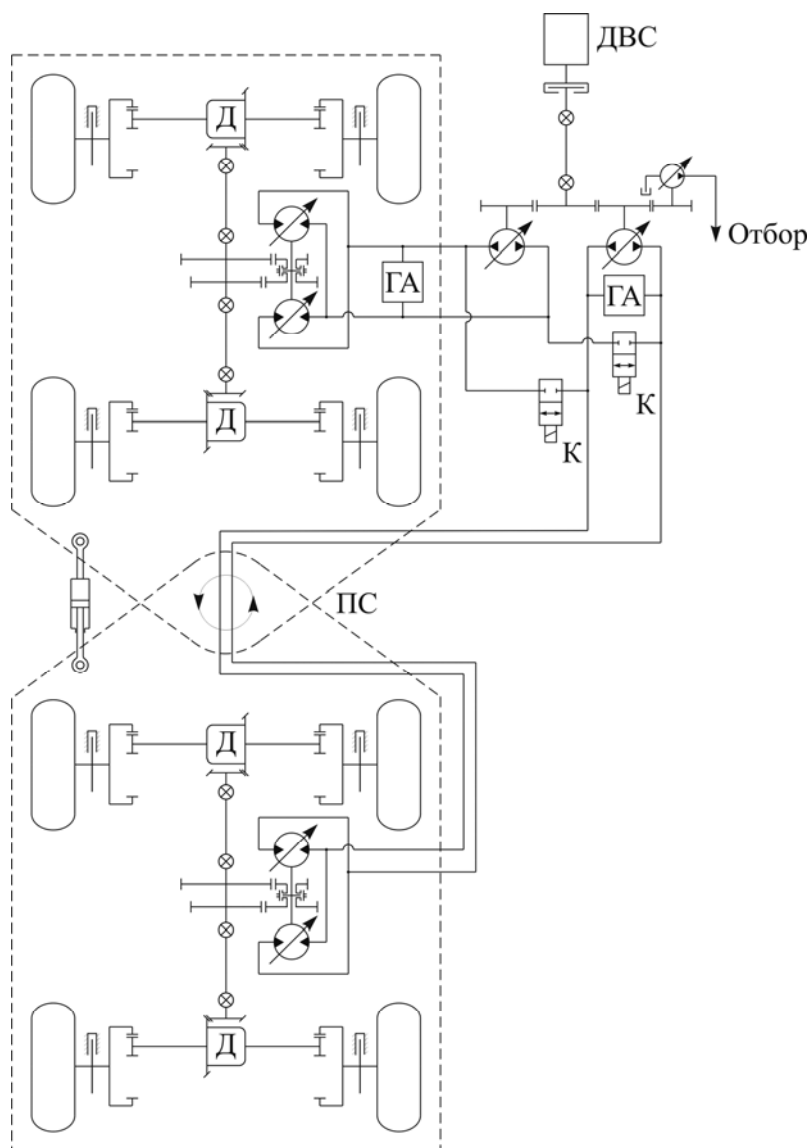


Рис. 2. ГОТ сочлененного автомобиля НАМИ-0352 8×8 с тележечной схемой привода

По этой схеме все колеса одной тележки (обычно 4) имеют общий привод от своей ГОТ. Связь между осями внутри тележки – механическая блокированная (ввиду вероятности полного вывешивания одной из осей). Межтележечная связь – гидравлическая блокированная (раздельный привод обслуживающих тележки насосов) или дифференциальная (контуры обоих насосов объединяются в общую гидросистему с помощью клапанов кольцевания «К»). Межколесная связь – через механические дифференциалы повышенного трения «Д».

Гидравлическая связь насоса ГОТ задней секции с соответствующими гидромоторами обеспечивается через шарнирно-поворотное соединение (с 3-мя степенями свободы) «ПС» с торцевыми гидравлическими уплотнениями каналов подводимых к ним гидролиний.

Рассмотренная схема не предусматривает раздельного подвода мощности и крутящего момента к каждому отдельному колесу с индивидуальной «гибкой» их регулировкой по оптимальным законам. Повышению проходимости автомобиля с подобной схемой трансмиссии содействуют блокированные межтележечный и внутритележечный приводы, межколесные дифференциалы повышенного трения, шарнирное сочленение секций (уменьшаются затраты мощности на колеобразование при повороте, улучшается курсовая управляемость, повышается стабильность траектории движения при повороте, при застревании возможно взаимное складывание секций – боковая «раскачка»). Кроме того, упрощается гидросистема (меньшее количество насосов, гидромоторов, блоков гидроавтоматики).

Данная схема трансмиссии может быть рекомендована для применения на многоколесных сочлененных автомобилях высокой проходимости, выполненных по мостовой схеме, использующих стандартные мосты с блокируемыми межколесными дифференциалами. При этом легко достигается полная (жесткая) межосевая блокировка. Недостатком данной схемы является наличие межколесных механических нерегулируемых дифференциалов (с постоянным значением коэффициента блокировки).

Полностью гидродифференциальный привод всех колес, образованный путем связи всех гидромоторов с общей магистралью, обладает всеми свойствами, присущими дифференциальному приводу механической трансмиссии (в частности, изменением частоты вращения каждого из колес в соответствии с условиями движения автомобиля: криволинейное движение, движение по неровностям и т. п.). Однако такая схема ГОТ наследует и недостатки, присущие механическому полностью дифференциальному приводу. В частности, при преодолении рвов и значительных по высоте профильных препятствий, когда одно или часть колес «вывешивается» (теряют контакт с грунтом и, соответственно, сцепление с ним), крутящие моменты на всех колесах становятся равными нулю.

Стремление преодолеть недостатки, присущие полностью гидродифференциальному приводу колес, привело, как и в механических трансмиссиях, к созданию комбинированных схем ГОТ. В этом случае все колеса полноприводного автомобиля разбиваются на группы, в пределах которой связи между колесами гидродифференциальные, а связь между группами эквивалентна аналогу механической блокированной связи, поскольку каждая группа колес приводится от отдельного насоса, не имеющего гидравлической связи с гидроконтурами других групп колес (рис. 3). С точки зрения повышения надежности движения автомобиля по местности, желательно иметь не менее трех групп колес. Поэтому такая схема предпочтительна для автомобилей с большим числом осей (более пяти).

Для автомобилей с колесной формулой 6×6; 8×8; 10×10 в ОАО «НАМИ-Сервис» была разработана комбинированная схема ГОТ, когда в группу объединены два колеса одной условной оси, образующие с насосом своеобразный гидромодуль (рис. 4).

Трансмиссия автомобилей с такой гидрокинематической схемой ГОТ представляет собой совокупность однотипных гидромодулей, что облегчает комплектование и отладку ГОТ, и, что самое главное, позволяет повысить надежность движения по грунтам с низкой несущей способностью.

В этом варианте трансмиссии число насосов вдвое меньше числа ведущих колес, что

конструктивно рационально. Регулирование распределения крутящих моментов по мостам осуществляется за счет разницы передаточных чисел гидроконтуров. В этом случае происходит перераспределение мощности между мостами при сохранении суммарной подводимой мощности от двигателя.

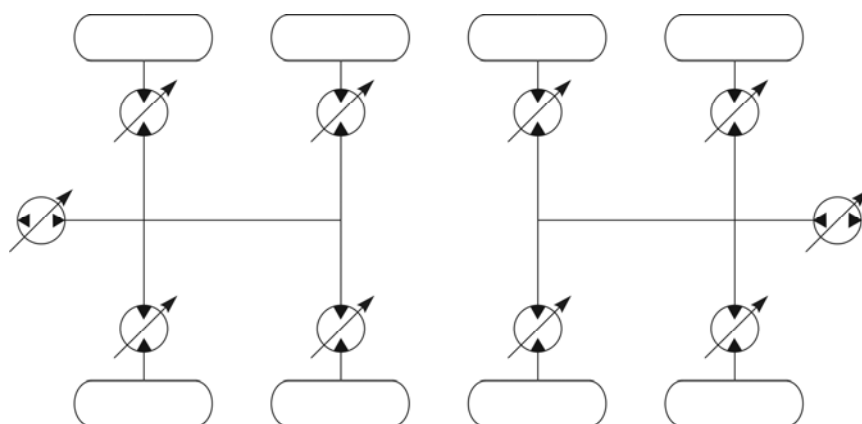


Рис. 3. Гидрокинематическая схема ГОТ с комбинированным гидродифференциальным приводом колес

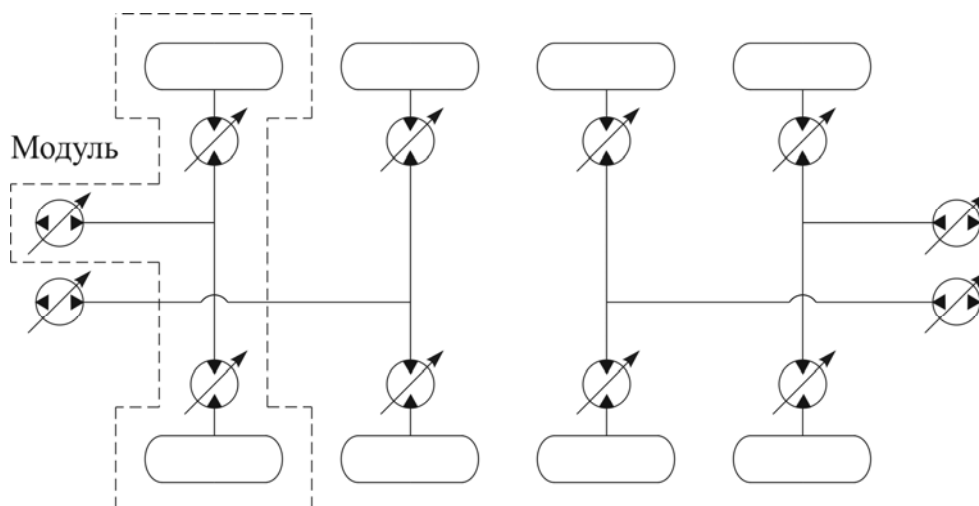


Рис. 4. Модульный принцип построения ГОТ

При движении по дорогам с твердым покрытием все модули гидрообъемной трансмиссии могут закольцовываться в единую гидросистему. В этом случае образуется полная гидродифференциальная связь между всеми ведущими колесами, что исключает циркуляцию мощности без принятия каких-либо дополнительных мер со стороны автоматической системы управления ГОТ.

В качестве примера практической реализации этой схемы на рисунке 5 изображена схема ГОТ автомобиля высокой проходимости «Гидроход-49061».

Разумеется, рассмотренными типами гидрокинематических схем все их многообразие не исчерпывается. Такие схемы являются компромиссом между требованиями, предъявляемыми к автомобилю в соответствии с предполагаемыми условиями его эксплуатации, и свойствами ГОТ с ее достоинствами и недостатками.

Рассмотрим конкретный пример выбора схемы ГОТ в зависимости от поставленной задачи. Допустим, требуется спроектировать АТС для перевозки грузов массой 20 тонн по грунтам с низкой несущей способностью, например, в условиях Крайнего Севера. Дополнительное условие: данное транспортное средство не должно наносить серьезный вред почве при движении.

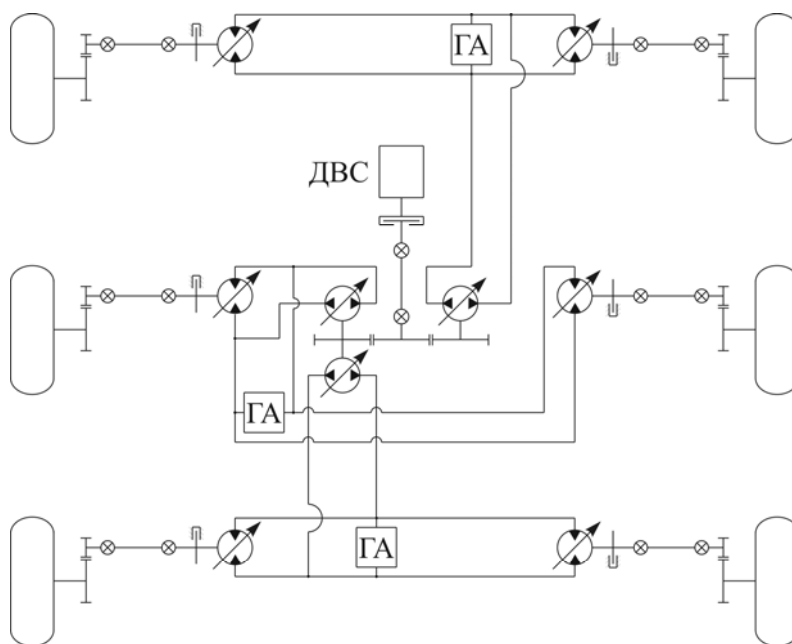


Рис. 5. Трехмодульная схема ГОТ автомобиля «Гидроход-49061»

После анализа множества кинематических, силовых и энергетических показателей можно выделить три компоновочные схемы:

1. автономное транспортное средство с гидрообъемным приводом колес (с расположением силовой установки и ее инфраструктуры, а также двух кабин управления и местом для размещения груза на общей раме);
2. активный полуприцеп с гидрообъемным приводом колес и опорой передней части рамы на седельное устройство тягача;
3. активный прицеп с гидрообъемным приводом колес и расположением насосной станции на самом прицепе.

Автономное транспортное средство обладает повышенной проходимостью, малой длиной автопоезда, возможностью движения вперед и назад без осуществления разворота, удобством управления и маневрирования. Но АТС, изготовленное по такой схеме будет иметь высокую стоимость и сложную конструкцию.

Второй вариант АТС с активным полуприцепом требует использования специально подготовленного седельного тягача, обеспечивающего на прицепном звене приводы тормозов, подкачку шин и другие функции. АТС будет иметь неудовлетворительную маневренность вследствие большого радиуса поворота и опасность складывания при движении задним ходом. Также неизбежно загрязнение быстроразъемных муфт трубопроводов между полуприцепом и тягачом, что может вызвать преждевременный выход из строя дорогостоящих насосов и гидромоторов, входящих в состав ГОТ.

Конструкция транспортного средства по третьей схеме с размещением насосной станции ГОТ на прицепе имеет привод от автономного или основного двигателя тягача через механическую передачу, проходящую через сцепное устройство (рис. 6). При этом необходимо использовать беззакорное соединение в узле сцепки.

Преимуществом такого варианта является то, что возможна автономная эксплуатация элементов автопоезда, то есть разъединение тягача и прицепа. В результате уменьшаются временные затраты на погрузочно-разгрузочные работы: есть возможность избежать простоев, так как водитель тягача можно уехать с заранее загруженным прицепом.

Также возможна компоновка полностью автономного прицепа, двигатель расположен непосредственно на нём. Это позволяет снизить вес и металлоемкость механического привода «ДВС-насос». Также увеличится свободное пространство на тягаче и отсутствует потреб-

ность в карданных валах большой длины, что позволит снизить вибрацию (рис. 7).

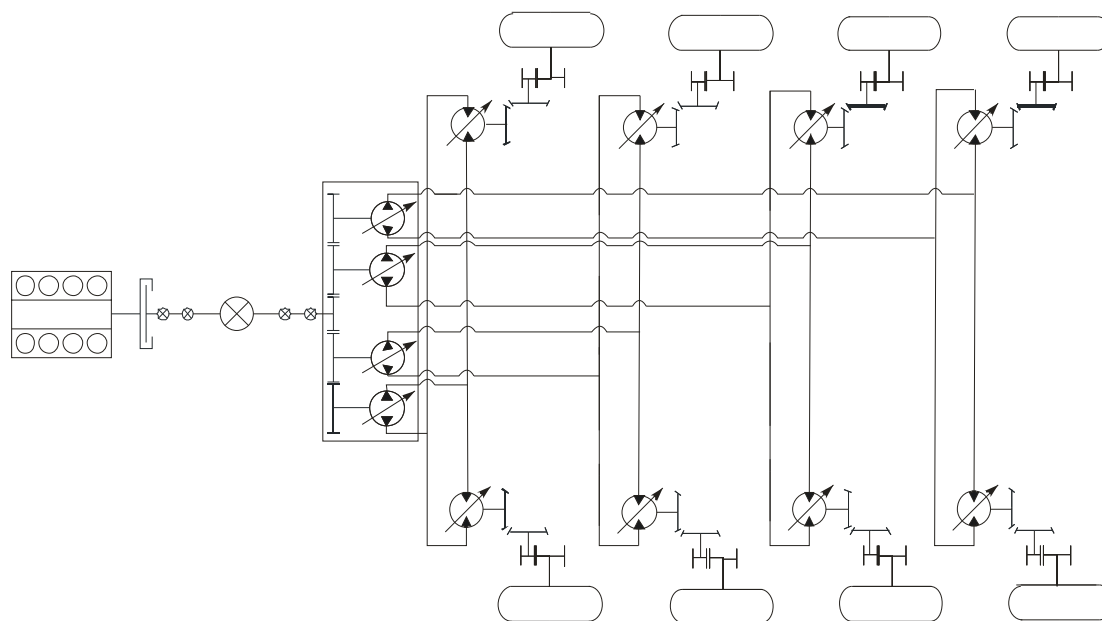


Рис. 6. АТС с активным прицепом с гидрообъемным приводом колес (насосная станция расположена на прицепе)

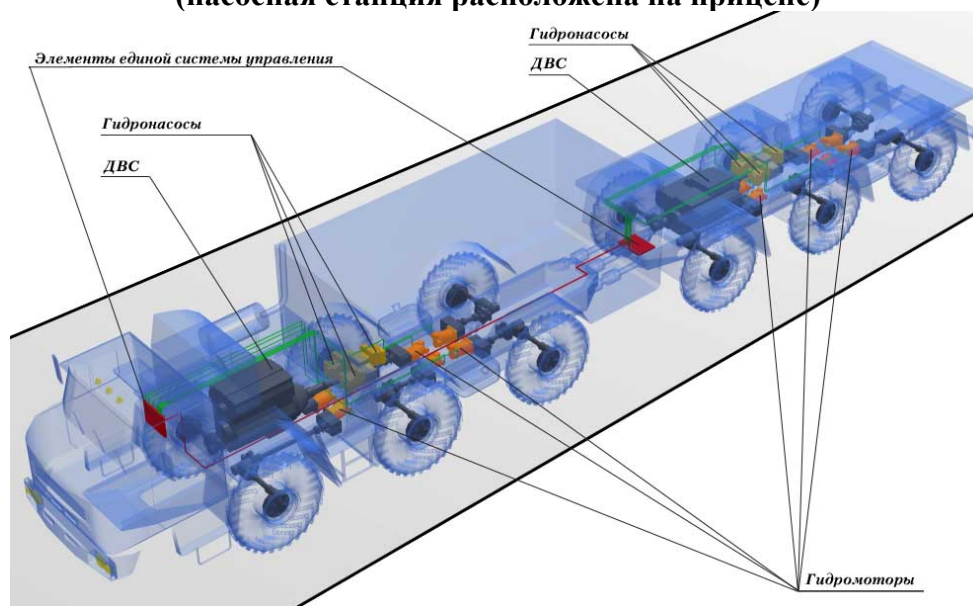


Рис. 7. Автомобиль высокой проходимости (АВП) с размещением двигателя и насосной станции на прицепе

К преимуществам данной схемы относятся:

- самодостаточность (если силовой агрегат расположен на прицепе);
- возможность использования существующих короткобазных балластных тягачей или АВП с полезным грузом в качестве тягача (с доработкой сцепных устройств).

Данная компоновочная схема позволяет использовать практически любой тягач. Гидравлическая система полностью герметична, что позволит продлить срок службы гидроагрегатов, а также отсутствует потребность в дополнительных фильтрах очистки рабочей жидкости.

Выводы

ГОТ находят применение в конструкции АТС. Многообразие компоновок позволяет подобрать необходимый вариант схемы для решения поставленной задачи. С помощью ГОТ

можно решать вопросы, связанные с активизацией колес АТС, там, где сложно или практически невозможно применить механическую трансмиссию.

Преимущества, получаемые от установки ГОТ на транспортных средствах, можно разделить на две группы. К первой группе относятся преимущества, получаемые от применения ГОТ как от одного из видов бесступенчатой широкодиапазонной трансмиссии, т.е. присущие бесступенчатой трансмиссии как таковой. Вторая группа включает дополнительные преимущества, получаемые от применения ГОТ как разновидности трансмиссии, т.е. присущие только гидрообъемному приводу.

К первой группе относятся следующие основные преимущества:

1. Бесступенчатое, без разрывов потока мощности, изменение подводимого к двигателям крутящего момента, следствием чего являются повышение средних эксплуатационных скоростей движения по бездорожью за счет лучшего использования мощности двигателя, снижение уровня разрушающего воздействия на почву и растительный покров, а также улучшение удобства управления автомобилем.
2. Возможность обеспечения работы двигателя и трансмиссии в оптимальном режиме, т.е. в режиме, являющемся компромиссом таких требований, как минимальный расход топлива, минимальная токсичность отработавших газов, оптимальный тепловой режим и т.п. Это, в частности, дает возможность использования в качестве приводного двигателя силовых установок с низким коэффициентом приспособляемости, в том числе высокоскоростных (например, одновальных газовых турбин).
3. Возможность обеспечения индивидуального регулируемого привода каждого колеса (каждого элемента движителя), причем регулирование можно осуществлять, в частности, в соответствии с текущими сцепными возможностями каждого колеса с грунтом, что повышает проходимость и тягово-динамические свойства автомобиля. Кроме того, в этом случае появляется возможность повышения маневренности автомобиля при движении по бездорожью за счет осуществления бортового поворота, вплоть до разворота на месте вокруг центра тяжести.

Ко второй группе можно отнести следующие основные преимущества:

1. Жесткая кинематическая и силовая характеристика ГОТ, приближающаяся к характеристике механической бесступенчатой передачи, и малая инерционность привода, что существенно снижает динамические нагрузки в трансмиссии при изменении режима работы. Следствием этого является возможность реализации управления передаточным отношением привода с высокой точностью по любому заданному закону.
2. Свобода компоновки ГОТ на автомобиле.
3. Возможность длительной работы (без ограничений) с малой «ползучей» скоростью, составляющей для автомобилей высокой проходимости 0,5...0,75 км/ч, а также на «стоповом» режиме (например, упор транспортного средства в препятствие) без перегрева ГОТ. В этом случае на ведущих колесах развивается максимальный крутящий момент при частоте их вращения, равной нулю, потребляемая мощность незначительна, а приводной двигатель работает фактически на холостых оборотах (подача насосов идет только на восполнение утечек и перетечек).
4. Простота получения быстрого (около 0,12 с) и симметричного по моментным и кинематическим параметрам реверса, что позволяет производить энергичную «раскачку» застрявшего автомобиля без разрыва потока мощности.
5. Умеренные массогабаритные показатели агрегатов и ГОТ в целом, особенно на автомобилях с колесной формулой 8×8 и выше.
6. Надежность работы гидропривода, малая зависимость его работоспособности от внешних факторов (хорошая пылевлагозащищенность), возможность работы под водой.
7. Отсутствие необходимости в обслуживании в процессе эксплуатации ГОТ (кроме смены фильтроэлементов через 200...300 ч и рабочей жидкости через 2000...2500 ч).

8. Безопасность эксплуатации ГОТ (струи прорвавшейся в аварийной ситуации рабочей жидкости обладает малой накопленной энергией и не расширяется).
9. Удобство осуществления отбора мощности.
10. Наличие контролируемых и стабильно регулируемых мер защиты ГОТ от перегрузок, динамических ударов, толчков и др.

Литература

1. Шухман С. Б., Соловьев В. И., Прочко Е. И. Теория силового привода колес автомобилей высокой проходимости. М., Агробизнесцентр, 2007, 336 с.
2. Шухман С. Б., Лепёшкин А. В., Курмаев Р. Х. Гидрообъемный привод большегрузных полноприводных автомобилей для эксплуатации на грунтах с низкой несущей способностью. Приводная техника, 2007, № 6.
3. Шухман С. Б., Анкинович Г. Г., Соловьев В. И., Прочко Е. И. Полноприводный автомобиль с гидрообъемной трансмиссией. Журнал ААИ, 2003, № 6.

Комплексная оценка влияния закона распределения мощности по колесам полноприводного автомобиля на его эксплуатационные характеристики.

проф. д.т.н. Бахмутов С.В., Гусаков Д.Н.
МГТУ «МАМИ»

В связи с большими объемами транспортной работы, приходящейся на автомобили с полноприводными трансмиссиями, актуальными становятся задачи выбора параметров привода с целью улучшения эксплуатационных характеристик автомобиля. Очевидно, что автоматизация систем автомобиля требует создания управляющих алгоритмов, отвечающих различным условиям эксплуатации. В отношении трансмиссии выбор параметров, характеризующих специфику привода, может быть выполнен как для задания предварительных настроек традиционных механических трансмиссий, так и для создания динамических законов управления «гибким индивидуальным приводом»².

Традиционно, для автомобилей повышенной проходимости первичной задачей считается улучшение тяговых возможностей, при этом допускается некоторое ухудшение ряда характеристик, например, поворачиваемости транспортного средства при применении заблокированного привода, повышенного негативного воздействия на грунт и т.д. Возможности полноприводных трансмиссий с индивидуальным подводом мощности к ведущим колесам позволяют выбирать параметры управления таким образом, чтобы смещать приоритет в сторону тех или иных эксплуатационных показателей. Цель предлагаемого метода – исследование комплекса свойств автомобиля в зависимости от законов управления гибким интеллектуальным приводом с целью выявления локальных областей улучшения по каждому из исследуемых свойств, а также их корреляции, с тем, чтобы предложить математический инструмент по решению прикладных частных задач.

Иными словами, целью данного исследования является разработка и отладка методики аналитического поиска оптимальных законов распределения мощности между ведущими колесами полноприводного автомобиля в зависимости от назначения и условий эксплуатации.

Для проработки практического базиса представленного исследования был выбран экспериментальный полноприводный автомобиль «Гидроход»³ с гидрообъемной трансмиссией

² Термин, получивший распространение в последнее время в связи с появлением опытных и серийных разработок гидростатических (гидрообъемных) и электрических трансмиссий с индивидуальным подводом мощности к ведущим колесам.

³ «Гидроход» (разработан и построен специалистами ОАО «Инновационная фирма 'НАМИ-Сервис'» совместно с АМО ЗИЛ и при участии МГТУ «МАМИ») предстает собой полноприводный автомобиль типа бхб с полнопоточной гидрообъемной трансмиссией с электронной системой управления. Приводной двигатель внутреннего сгорания развивает максимальную мощность $N_e = 187$ кВт (252 л.с.). Гидрообъемная трансмиссия (ГОТ) состоит из 3-х аксиально-плунжерных регулируемых, реверсивных и обратимых насосов и 6-ти аксиально-