

Б.Н. Топливная аппаратура автотракторных дизелей. – Л.: Машиностроение, 1990. – 347 с.

УДК 62-235

А.И. Шарангович, О.В. Брилевский

АНАЛИЗ ПРИНЦИПАЛЬНЫХ СХЕМ БЕССТУПЕНЧАТЫХ ТРАНСМИССИЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ НА ОСНОВЕ ОБЪЕМНОЙ ГИДРОПЕРЕДАЧИ

*Белорусский национальный технический университет
Институт механики и надежности машин НАНБ
Минск, Беларусь*

С целью увеличения производительности транспортных и тяговых машин, уменьшения суммарного расхода топлива, улучшения управляемости и эргономических качеств техники в последние годы на сельскохозяйственных тракторах, погрузчиках, лесных, дорожных и др. машинах крупнейшие мировые производители данного вида техники активно внедряют бесступенчатые трансмиссии. Из всех бесступенчатых передач вращательного типа объемный гидропривод обеспечивает наилучшие массогабаритные показатели и динамические качества.

Гидрообъемные трансмиссии могут устойчиво работать в более широком диапазоне чисел оборотов, включая самые малые, позволяют наиболее простым и эффективным способом осуществить бесступенчатое регулирование скорости, в том числе автоматическое, что улучшает загрузку силового привода, облегчает разгон, увеличивает среднюю скорость движения и что не решается эффективно, например, для механических передач. И, самое главное, гидрообъемная трансмиссия позволяет сделать ведущим любое колесо и любую комбинацию колес, расширяет возможности компоновочных решений, позволяя увеличить до любых размеров клиренс.

Мировой опыт показывает, что гидрообъемная полнопоточная трансмиссия имеет определенную область использования. Однако, применение различных передаточных агрегатов, а также их расположение в силовом потоке гидрообъемных трансмиссий существенно влияет на свойства трансмиссии в целом. От схемного решения зависят главные качества трансмиссии: полный КПД, диапазон изменения передаточного отношения, масса, удобство компоновки трансмиссии, стоимость.

Существует несколько способов устранения недостатков классической полнопоточной передачи за счет возможного использования различных принципиальных схем, приведенных в таблице 1.

1 Полнопоточная гидрообъемная трансмиссия на всём диапазоне регулирования.

Использование классической полнопоточной передачи (один гидронасос и один гидромотор) в качестве трансмиссии тяговой машины даёт ряд преимуществ: плавное преобразование скорости и вращающего момента на выходе; простота управления; возможность изменения направления движения; более высокая долговечность механического тормоза; возможность обеспечения гиперболической зависимости вращающего момента от скорости при максимальной мощности; максимальное усилие по тяге при малых оборотах дизеля; свободное расположение узлов привода при компоновке. Но она имеет ряд недостатков: меньший, чем у механических передач КПД (80-85% на малой

области изменения вращающего момента); ограничение по максимальному диапазону регулирования вращающего момента, для данного класса передач не превышающему 10; ограничение по установочной мощности, равной произведению максимально возможной скорости движения на максимальную тягу:

$$N_{уст} = P_{max} \cdot V_{max} \text{ или } N_{уст} = N_{д} \cdot R,$$

где $N_{д}$ – мощность двигателя мобильной машины, R – диапазон регулирования трансмиссии.

Анализ номенклатуры гидромашин выпускаемых ведущими фирмами показывает, что установочная мощность гидропривода не превышает 600 кВт, что объясняется ценой и массогабаритными показателями передачи. Мировой опыт показывает, что классическая полнопоточная передача может быть установлена на тяговые и транспортные машины с мощностью двигателя не более 60 кВт.

2. Полнопоточная гидрообъемная трансмиссия с параллельным редуктором.

Такая трансмиссия содержит регулируемый гидронасос, регулируемый или нерегулируемый гидромотор и коробку переключения передач с двумя или более ступенями. По этой схеме коробка подключается параллельно полнопоточной гидрообъемной передаче.

В таких трансмиссиях гидрообъемная передача работает только на низких скоростях движения (первая ступень). При определённом значении передаточного числа происходит отключение гидропередачи и включение прямой механической передачи между двигателем и ведущими колёсами (вторая ступень). Данная схема может быть использована на машинах с мощностью двигателя около 100 кВт.

Главные преимущества этой схемы: увеличенный диапазон скоростей; повышенный КПД в области высокой скорости и, следовательно, пониженный расход горючего; ниже шум; меньшие гидроагрегаты и маслоохладитель. Недостатки схемы: специальная коробка передач с переключением на второй режим требует электронную аппаратуру управления с несколькими датчиками скорости.

На тракторе подобную схему целесообразно использовать для модернизации существующих трансмиссий тракторов, устанавливая гидрообъемную передачу в качестве ходоуменьшителя, производя переключение с полнопоточного диапазона на механические ступени при остановленном тракторе.

3. Полнопоточная гидрообъемная трансмиссия с последовательным редуктором.

Такая передача содержит регулируемый гидронасос и регулируемый или нерегулируемый гидромотор, а также двух- или более ступенчатый механический редуктор, установленный последовательно гидропередаче. По такой схеме выполнены трансмиссии различных зерноуборочных комбайнов (в том числе отечественных), сельскохозяйственных подборщиков. Схема использована в трансмиссиях семейства тракторов «Интернейшенл Харвестр», малогабаритных зарубежных тракторах и трансмиссиях некоторых других машин. При использовании двухступенчатого редуктора использование трансмиссии ограничивается мощностью двигателя 120 кВт, трёхступенчатого — 250 кВт. Применение механического редуктора с переключением под нагрузкой и электронной системы управления существенно повышает эксплуатационные показатели трансмиссии.

К недостаткам схемного решения относят повышенную стоимость 2 или 3-х скоростной коробки передач. Затрудненность получения плавного изменения скорости при переключении из-за жесткости объемной гидропередачи. Высокий уровень давления при использовании высокоскоростного диапазона при максимальной мощности двигателя, что может сократить срок службы узлов передачи. А также общий КПД объемной гидропередачи понижен вследствие потерь энергии во фрикционных муфтах и редукторе.

4. Многопоточная трансмиссия с несколькими гидромоторами.

Для таких типов трансмиссий характерно наличие регулируемого гидронасоса и двух регулируемых гидромотора.

Эффективный способ снижения суммарных установочных мощностей гидромашин является использование дополнительного гидромотора, работающего при малых передаточных отношениях трансмиссии мобильной машины. Большая установочная мощность гидромотора определяется условием передачи больших крутящих моментов. При больших передаточных числах гидромотор развивает малые крутящие моменты, поэтому с целью снижения установочных мощностей гидропередачи дополнительный мотор подключается лишь на малых передаточных отношениях трансмиссии, а затем при помощи муфты может быть отключен.

Преимущества этой схемы: увеличение диапазона регулирования вращающего момента и уменьшение суммарной установочной мощности гидромашин; повышенный КПД по сравнению с одномоторным решением. Недостатки схемы: высокая стоимость системы состоящей из суммирующей передачи; наличие двух гидромоторов и разъединительной муфты: необходимость создания специальной гидросистемы.

5. Многопоточная трансмиссия с несколькими гидромоторами и с последовательным редуктором.

Является комбинацией 3-го и 4-го способа. В этой передаче два или более гидромотора передают моменты вращения на выходной вал через отдельные валы. На каждом валу установлен одно- или двух ступенчатый редуктор. Полный вращающий момент передаётся на выходной вал привода центральным валом. В высокомоментной рабочей области работают оба гидромотора. В области высоких скоростей один. Установленный на валу второго мотора многоступенчатый редуктор позволяет увеличить диапазон регулирования и снизить установочную мощность гидропередачи.

6. Многопоточная трансмиссия с четырехзвенным механизмом.

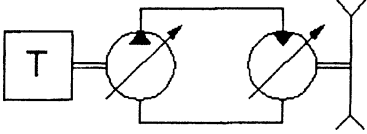
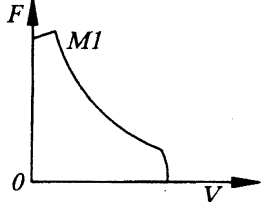
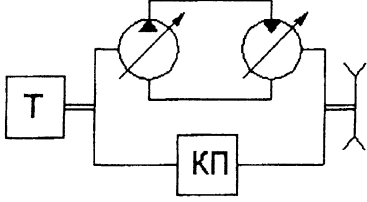
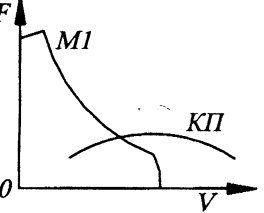
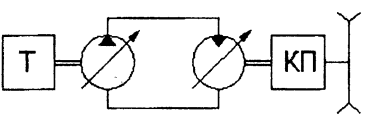
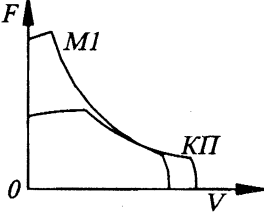
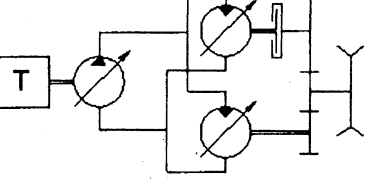
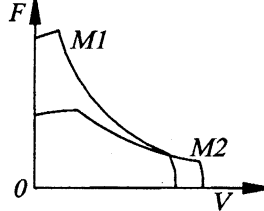
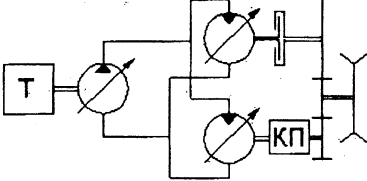
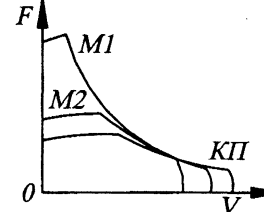
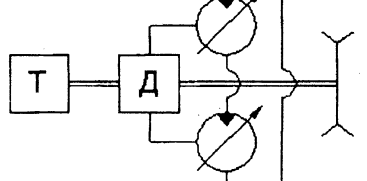
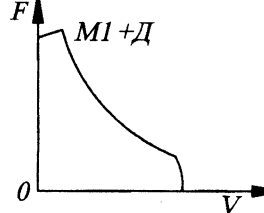
Наиболее перспективным способом устранения недостатков полнопоточных передач являются объёмные гидромеханические передачи. В трансмиссиях выполненных по этой схеме объёмная гидропередача передаёт только часть мощности, что позволяет существенно снизить установочную мощность гидромашин и приблизить общий КПД трансмиссии к параметрам механической передачи, сохранив возможность бесступенчатого регулирования. По данной схеме выполнены трансмиссии тракторов Fendt, Claas, John Deere, Deutz, Steyer, Case IH.

Трансмиссии могут быть одно или много диапазонными, с дополнительным двух- или многоступенчатым редуктором (демультипликатором) или без него. При многодиапазонной схеме диапазоны переключаются без разрыва потока мощности с полной синхронизацией переключаемых звеньев по оборотам.

Достоинство многопоточных передач с трёх или четырехзвенным механизмом, применяемых в качестве прогрессивных тракторных трансмиссий, - относительно высокий КПД, почти не зависящий от КПД гидромашин, низкая установочная мощность гидропередачи. К недостаткам данного типа передач относятся сложность проектирования для конструктора и высокая цена механической части при малых объемах производства.

В зависимости от требуемого диапазона регулирования, параметров двигателя, компоновочных особенностей и требованиях технического задания на транспортных и тяговых машинах при выборе схемного решения трансмиссии выполненной на основе гидрообъёмной передачи целесообразно использовать различные из описанных выше схем.

Таблица 1

Наименование	Принципиальная схема	Тяговая характеристика
1. Полнопоточная гидрообъемная трансмиссия		
2. Полнопоточная гидрообъемная трансмиссия с параллельным редуктором		
3. Полнопоточная гидрообъемная трансмиссия с последовательным редуктором		
4. Многопоточная трансмиссия с несколькими гидромоторами		
5. Многопоточная трансмиссия с несколькими гидромоторами и с последовательным редуктором		
6. Многопоточная трансмиссия четырехзвенным механизмом		

ЛИТЕРАТУРА

1.Петров В.А. Гидрообъемные трансмиссии самоходных машин.: М.: Машиностроение, 1988. – 244с.; 2. Объемные гидромеханические передачи: Расчет и конструирование. Под общ. ред. Е.С. Кисточкина. – Л.: Машиностроение, 1987. – 256с.

УДК 621.88.084

В.М.Анохин, В.Л. Николаенко, Е.В.Анохин

К РАСЧЕТУ КЛИНОВЫХ МЕХАНИЗМОВ СВОБОДНОГО ХОДА

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Потребность промышленности в надежных МСХ с высокой нагрузочной способностью вызвала повышенный интерес к исследованию клиновых механизмов.

В БНТУ разработана методика инженерного расчета клиновых МСХ с учетом длительной работы в режиме свободного хода.

В приводах машин, где предъявляются повышенные требования к КПД и имеют место высокие относительные скорости в период свободного хода, следует применять неподпружиненные клинья. В машинах, где силы инерции, действующие на заклинивающую систему (клинья и сепараторы) МСХ малы, для улучшения условий заклинивания следует применять муфту с подпружиненными клиньями.

Рабочий радиус обоймы и ширину клину в зависимости от передаваемого момента приближено можно определить по графику 1. Предпочтение следует отдавать размерам из зоны А. При построении графика принято $[\sigma]_{см} = 40$ МПа, $z=8$.

При проверочных расчетах рабочий радиус наружной обоймы определяется

$$R = \sqrt{\frac{2M}{[\sigma]_{см} \cdot z \cdot b \cdot f_2 \cdot (\gamma + \frac{\sin 2\varphi_2 - \sin 2\varphi_1}{2})}} \quad (1)$$

где M – момент, передаваемый муфтой, $H \cdot m$

z – число клиньев;

f_2 – коэффициент трения между клином и наружной обоймой;

b – ширина клина, м;

γ – угол, рад;

$\varphi_2; \varphi_1$ – см. рис.2;

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение смятия, H/m^2 (для пары сталь – чугун $[\sigma]_{см} = (2...4) \cdot 10^7 H/m^2$).

При расчете по формуле (1) необходимо руководствоваться следующими рекомендациями:

а) количество клиньев z следует выбирать со следующего ряда: $z=8; 6; 4; 3$;

б) коэффициент трения между клином и наружной обоймой f_2 выбирается в зависимости от различных конструктивных и эксплуатационных факторов.