

УДК 62-82

М.И. Жилевич, канд. техн. наук,

А.В. Королькевич, канд. техн. наук,

В.А. Королькевич

Белорусский национальный технический университет, г. Минск,

В.С. Шевченко, д-р техн. наук

Военная академия Республики Беларусь

## ПРОГРЕССИВНЫЕ СХЕМЫ ГИДРООБЪЕМНЫХ ПЕРЕДАЧ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННОЙ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ И БОРТОВЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

*Пропонуються ефективні схеми гідростатичних приводів тягово-транспортних машин, які включають оригінальні системи керування робочих режимів гідродвигунів.*

*Effective schemes transmission drives of the tractive transport machines, including original control systems of operating modes of hydromotors are offered.*

### Введение

Многолетняя практика применения гидрообъемных передач (трансмиссий) на тягово-транспортных сельскохозяйственных, строительно-дорожных, горнодобывающих, коммунальных и других машинах убедительно доказала их высокую экономическую эффективность, эргономическую и экологическую безопасность таких передач. Возможность выбора любой скорости движения мобильной машины или исполнительного механизма при установленном числе оборотов двигателя (использование полной мощности двигателя при максимальном к.п.д.), а также сохранение тягового усилия с изменением скорости, особенно на низких скоростях привода — самые значительные отличительные свойства гидрообъемных передач. Простота реверса и разделения потока мощности, уменьшенный износ шин (в результате предотвращения буксования колес) и элементов тормозных систем (в результате гидравлического замедления при торможении), простота и удобство эксплуатации стимулируют все большее расширение области применения этого вида передач.

### Постановка задачи

Для эффективного использования гидрообъемных передач в машинах более высоких классов мощности и широкого диапазона преобразования крутящего момента необходимо дальнейшее развитие исследовательских и опытно-конструкторских работ с целью проектирования многомоторных схем, прогрессивных систем и механизмов управления гидромашинами.

В настоящее время в машинах повышенной мощности с одномоторными схемами привода, как правило, устанавливаются дополнительные механические системы переключения передач, устанавливаемые последовательно с гидрообъемным приводом. При этом остается нерешенной проблема разрыва потока тяговой мощности в момент переключения передач, что приводит к сниже-

нию эффективности производственного процесса, а также к снижению надежности техники вследствие возникновения нежелательных динамических эффектов [1]. Поэтому принимаются меры, обеспечивающие непрерывность силового потока.

Из всех исследованных способов наилучшим образом зарекомендовали себя многомоторные схемы гидрообъемного привода.

### Актуальность и цель работы

Известные системы гидрообъемных приводов, содержащие насос и несколько гидромоторов, предполагают возможность параллельного или последовательного их соединения. Это позволяет расширять и улучшать функциональные возможности машин, например, увеличивать крутящий момент при трогании (параллельное соединение приводных гидромоторов) или повышать транспортную скорость (последовательное соединение). В многомоторных машинах могут применяться комбинированные соединения гидромашин. Поэтому весьма важной задачей разработчиков является создание совершенных конструкций систем и механизмов переключения режимов работы гидромоторов.

Целью работы является обоснование и разработка схем гидрообъемных передач с системами плавного переключения режимов работы гидромоторов и регулирования момента блокирования дифференциалов ведущих колес машин без разрыва потока тяговой мощности.

### Гидрообъемный привод с механизмом переключения гидромоторов

Наиболее распространенным гидрообъемным приводом, применяемым в конструкциях сельскохозяйственных тракторов и дорожно-строительных машин, является привод, содержащий регулируемый насос и два гидромотора, кинематически связанные с ведущими колесами

и соединенные параллельно или последовательно через механизм переключения [2], [3]. Основным недостатком данной схемы, содержащей четыре многоходовых распределителя, является сложность конструкции механизма переключения режимов работы гидромоторов, его низкой надежностью и повышенными утечками в нем.

Задача обеспечения требуемой надежности решалась путем разработки новой схемы с более простым механизмом переключения (рис. 1) [4].

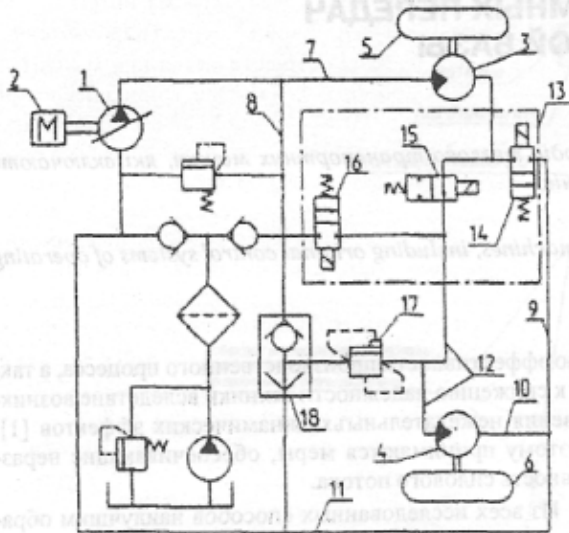


Рис. 1. Схема гидрообъемного привода.

Гидропривод включает регулируемый насос 1, приводимый от двигателя машины, и гидромоторы 3 и 4 привода колес 5 и 6. Гидромоторы соединяются с насосом напорными гидролиниями 7 и 8 и сливными гидролиниями 9, 10 и 11 (параллельное соединение) или напорными гидролиниями 7 и 12 и сливными гидролиниями 10 и 11 (последовательное соединение). Механизм переключения состоит из трех запорных клапанов 14, 15 и 16.

Трогание машины с места целесообразно осуществлять при максимальном крутящем моменте на ведущих колесах, т.е. при параллельном соединении гидромоторов. Для этого клапан 15 должен быть закрыт, а клапаны 14 и 16 — открыты. При достижении максимальной скорости на этом режиме открывается клапан 15 и закрываются клапаны 14 и 16 (эффект разомкнутого механического сцепления). Для большей плавности переключения режимов необходимо также уменьшить подачу топлива в двигатель или уменьшить подачу насоса. Клапан соотношения давлений 17 остается закрытым при параллельном соединении гидромоторов и открывается при последовательном их соединении. При этом клапан 17 поддерживает давление в гидролинии 12, пропуская через себя часть подачи насоса, компенсируя утечки в гидромоторе 3.

Это обеспечивает создание одинакового перепада давлений на гидромоторах, а, следовательно, и одинаковых крутящих моментов. Клапан 18 ИЛИ обеспечивает

работу гидропривода в режиме тяги, торможения и заднего хода.

Предлагаемое устройство позволяет получить бесступенчатое изменение скорости машины. Схема гидропривода проще известных и обеспечивает работу машины на рабочем и транспортном диапазонах и возможность перехода с одного диапазона на другой без остановки машины. Кроме того, уменьшаются суммарные потери, и повышается надежность привода и машины в целом.

#### Гидрообъемный привод с делителем потока

Известен гидропривод машины, содержащий насос, два гидромотора и делитель потока, входная гидролиния которого соединена с насосом, а выходная — с гидромоторами [5]. Существенный недостаток такой схемы — невозможность бесступенчатого регулирования момента блокирования ведущих колес машины.

С целью устранения указанного недостатка разработана схема гидропривода машины [6], представленная на рис. 2.

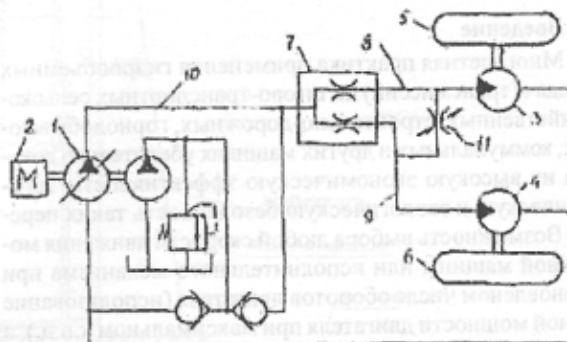


Рис. 2. Схема гидропривода с делителем потока.

Гидропривод машины включает регулируемый насос 1, связанный с двигателем 2, гидромоторы 3 и 4 привода колес 5 и 6, соединенные делителем 7 потока напорными гидролиниями 8 и 9. Входная гидролиния 10 делителя потока соединена с насосом. Напорные гидролинии делителя потока соединены между собой через дроссель 11. Благодаря такому выполнению гидропривода получен механизм с бесступенчатым изменением момента блокирования ведущих колес машины от  $M=0$  до  $M=M_{max}$ .

Используются три режима работы гидрообъемного привода:

1. При движении машины по хорошей дороге дроссель 11 открыт, чем обеспечивается эффект дифференциальной связи колес 5 и 6.

2. При движении машины по дороге со слабыми сцепными свойствами по прямой траектории дроссель 11 закрыт, делитель 7 обеспечивает эффект заблокированных между собой колес 5 и 6, т.к. в противном случае одно из колес может буксовать.

3. При движении машины по дороге со слабыми сцепными свойствами на повороте дроссель 11 желательно иметь частично открытым. Колеса имеют возможность

вращаться с различными скоростями, что неизбежно при поворотах, а момент блокирования ведущих колес препятствует повышенному буксованию колеса с меньшим сцеплением с дорогой.

В предложенном устройстве можно использовать как дроссельные, так и объемные делители потока, обеспечивающие более высокий к.п.д. гидропривода.

**Гидрообъемный привод с электронным управлением**

Современные тягово-транспортные машины представляют собой своеобразный синтез механических, гидравлических, электрических и электронных элементов и устройств. Электروهидравлические и электронные системы и устройства выполняют самые разнообразные функции управления отдельными агрегатами и узлами машины, включая силовые агрегаты (двигатель, трансмиссия), рабочие органы, ходовую систему и рулевое управление, а также их диагностирование. В связи с этим важной тенденцией в машиностроении является рациональное использование электронных компонентов вместе с гидрообъемными приводами. Улучшения эффективности гидравлического привода можно добиться путем реализации определенных функций через электронику, например, связи электронных систем управления двигателем и гидропривода управления рабочим оборудованием.

Для тягово-транспортных машин с помощью электронно-гидравлических систем обеспечивается ограничение тягового усилия с целью предотвращения буксования ведущих колес, автоматическое регулирование рабочей скорости уборочных и коммунальных машин при их переменной нагрузке, защита двигателя от перегрузки и др.

Недостатком гидропривода с параллельным соединением гидромоторов является отсутствие эффекта блокирования дифференциала ведущих колес с различными угловыми скоростями, например, при повороте машины. Недостаток привода с последовательным соединением гидромоторов - во второй по ходу движения жидкости гидромотор поступает меньшее количество жидкости из-за утечек в первом гидромоторе. По этой причине при движении машины по прямой угловые скорости и тяговые усилия правого и левого колес не одинаковы. Невозможны плавное переключение режимов работы гидромоторов с параллельного на последовательный во время движения и регулирование момента блокирования ведущих колес.

С целью устранения перечисленных недостатков в гидрوليнии слива первого гидромотора и в напорной гидрوليнии второго гидромотора при их параллельном соединении установлены регулируемые пропорциональные дроссели. При последовательном соединении гидромоторов в напорной гидрوليнии второго гидромотора установлен запорный клапан с электромагнитом. Электромагниты регулируемых пропорциональных дросселей и запорного клапана соединены с блоком электронного управления, который связан с установленными на гидромоторах датчиками давления жидкости и частоты вращения валов. На рис. 3 представлена принципиальная схема гидропривода [7].

Гидропривод машины включает регулируемый насос 1, связанный с двигателем 2, гидромоторы 3 и 4 привода колес 5 и 6. Гидромоторы соединяются с насосом напорными гидрوليниями 7 и 8 и сливными гидрوليниями 9 и 10 (параллельное соединение) или напорными гидрوليниями 7 и 11 и сливной гидрوليнией 9 (последовательное соединение). Для изменения схемы подключения гидромоторов установлены два пропорциональных дросселя 12 и 13 и запорный клапан 14. Дроссель 12 с электромагнитом 15 установлен после гидромотора 3 в сливной гидрوليнии 10, дроссель 13 с электромагнитом 16 установлен в напорной гидрوليнии 8 перед гидромотором 4.

Трогание машины осуществляется при максимальном моменте гидромоторов 3 и 4, т.е. когда они соединены параллельно. Для этого клапан 14 должен быть закрыт, а дроссели 12 и 13 открыты. При буксовании одного из колес с помощью одного из дросселей ограничивают подачу потока рабочей жидкости в гидромотор этого колеса, чем достигается эффект блокирования дифференциала ведущих колес. При автоматическом управлении блоком 21 повышенное буксование определяется разностью сигналов датчиков 19 и 20 угловых скоростей гидромоторов. При достижении максимальной скорости на этом режиме открывается клапан 14, реализуя эффект разомкнутого сцепления механической передачи. Одновременно плавно закрываются дроссели 12 и 11. Для большей плавности переключения режимов следует также уменьшить подачу топлива в двигатель или подачу насоса.

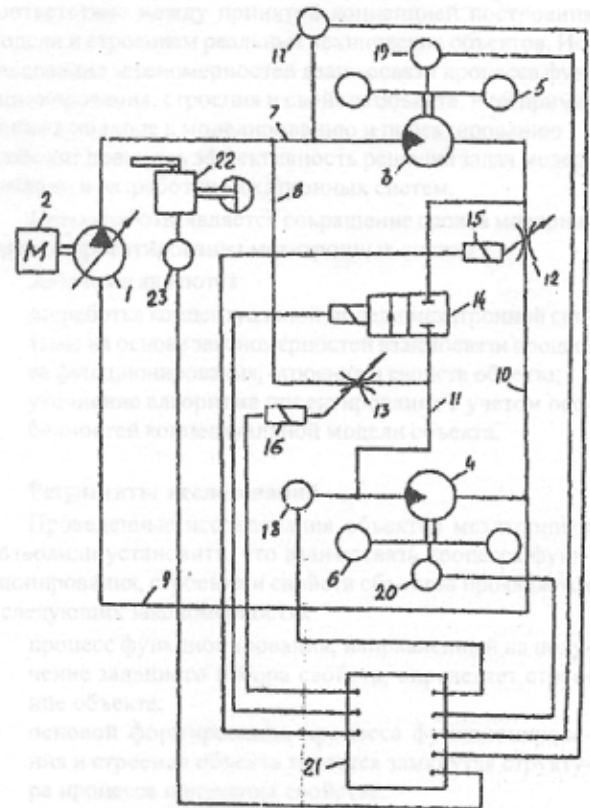


Рис. 3. Гидропривод с электронным управлением.



При последовательном включении гидромоторов в гидромотор 4 поступает меньшее количество жидкости. По этой причине он не развивает крутящего момента, и давление в гидролинии 11 падает вплоть до нуля. Для нормальной работы машины силы тяги на обоих колесах 5 и 6, а следовательно, и моменты на гидромоторах 3 и 4 должны быть одинаковы. Для создания одинаковых моментов на валах гидромоторов необходимы одинаковые перепады давлений, контролируемые датчиками давления 17 и 18, сигнал с которых поступает в блок электронного управления, где формируется соответствующая команда электромагниту 16, управляющему дросселем 13. Датчик 23 положения рулевого механизма 22 позволяет поддерживать минимальную разность угловых скоростей колес 5 и 6, необходимую для поворота самоходной машины, не допуская излишнего буксования одного из колес.

Предложенный гидропривод обеспечивает эффект полного и частичного блокирования дифференциала ведущих колес при параллельном соединении гидромоторов и их синхронную работу при последовательном соединении.

#### Заключение

Предлагаемые системы гидрообъемных приводов тягово-транспортных машин обеспечивают бесступенчатое изменение скоростей и безостановочное переключение рабочих режимов. Новые конструкции гидроприводов способны обеспечить требования высокого к.п.д.,

эффективного использования всего диапазона мощности двигателя, большой топливной экономичности, безопасности и удобства эксплуатации для машин различного назначения, в том числе многоосных.

#### Литература

1. Жилевич, М.И., Шевченко, В.С. Математическая модель гидростатической передачи тягово-транспортной машины // Промислова гідраліка і пневматика. — 2010. — № 2 (28).
2. Петров, В.А. Гидрообъемные трансмиссии самоходных машин. — М.: Машиностроение, 1988.
3. Львовский, К.Я. и др. Трансмиссии тракторов. — М.: Машиностроение, 1976.
4. Гидропривод самоходной машины: патент на полезную модель ВУ 3308, U, В 60 К 17/10, 2007.
5. Смоляк, А.Н. Совершенствование гидропривода малогабаритной многофункциональной строительной машины: Автореф. дис. канд. тех. наук. БНТУ. — Минск., 2003. — 11 с.
6. Гидропривод самоходной машины: патент ВУ 10962, С1, В 60 К 17/10, 2008.
7. Гидропривод самоходной машины: патент ВУ 11015, С1, В 60 К 17/10, 2008.

Надійшла 22.11.2010 р.

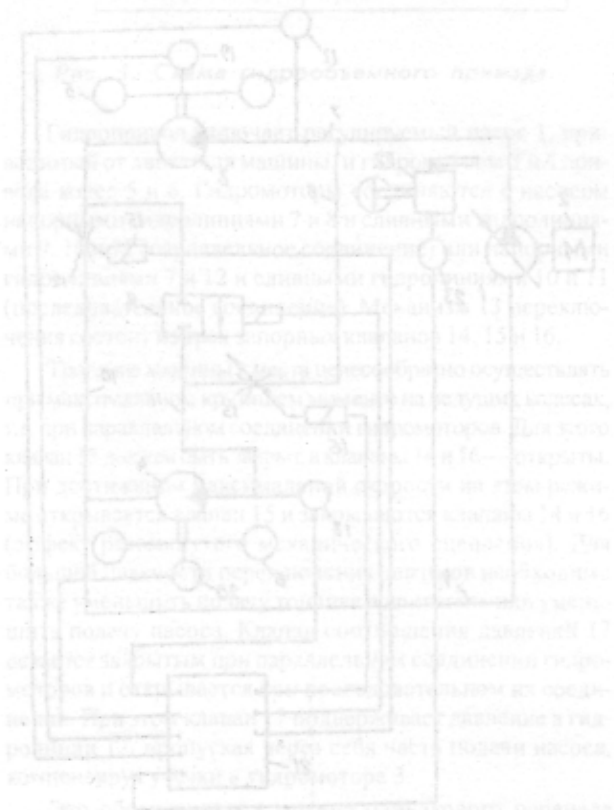


Рис. 3. Гидропривод с двумя гидромоторами