



8(108)2014 ■ СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

АНАЛИТИКА

ДОРОЖНЫЕ ФРЕЗЫ



ТЕХНИКА/КРУГЛЫЙ СТОЛ

ГРУНТОВЫЕ КАТКИ



ТЕХНИКА
СНЕГОПОГРУЗЧИКИ

ПОЕЗДКИ
LIEBHERR, JCB,
CAT, VOLVO

ИССЛЕДОВАНИЯ
ПРОГНОЗЫ ГЛОБАЛЬНОГО РЫНКА СТРОИ-
ТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ. ДОЛЯ КИТАЯ,
ИЛИ ЧЕЙ БУДЕТ СТРАЙК

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ДВИЖИТЕЛИ САМОХОДНЫХ МАШИН

Двигатель — это устройство самоходной машины, преобразующее энергию двигателя через взаимодействие с трансмиссией в полезную работу по ее перемещению. В строительной-дорожной технике используются в основном колесные и гусеничные двигатели.

Корнюшенко С.И.,
д.т.н., профессор РАЕИ

Значительное количество самоходных строительной-дорожных машин с колесной или гусеничной ходовой частью имеют гидравлический привод двигателей. Он обычно называется гидростатической трансмиссией (ГСТ). ГСТ состоит из насоса, прямо или через редуктор связанного с первичным двигателем, и одного или нескольких гидромоторов. Гидромоторы передают вращательное движение, непосредственно или через механическую передачу, на диск колеса или ведущую звезду гусеницы. Между насосом и гидромотором установлены гидравлические устройства управления и защиты от перегрузок. Передача рабочей жидкости от насосов к гидромоторам осуществляется по жестким (стальным) и гибким (рукава высокого давления) трубопроводам. На рис. 1 показана простейшая ГСТ.

ГСТ реализовываются как по открытой, так и по закрытой гидросхеме. В открытой гидросхеме рабочая жидкость от насоса через распределительные устройства поступает в гидромотор, а из него направляется в гидробак. Гидроприводы двигателей, выполненных по открытой схеме, часто используются в машинах, у которых операция передвижения является не основной, а насос помимо гидромотора двигателя приводит в действие одноштоковые гидроцилиндры различных рабочих органов. Характерным примером являются одноковшовые экскаваторы, как пневмоколесные, так и гусеничные.

В закрытой гидросхеме жидкость от насоса поступает непосредственно в гидромотор, а из него — вновь в насос. Неизбежные внутренние утечки из гидромотора направляются по дренажному



>>> Рис. 1. Простейшая гидростатическая трансмиссия

трубопроводу в гидробак, а потери жидкости в рабочем контуре ГСТ компенсирует насос подпитки. ГСТ с закрытой схемой оснащается техника, у которой движение машины является одной из главных рабочих операций. Примером могут служить погрузчики, бульдозеры, грейдеры и т.п.

ГСТ можно разделить на два типа. В первом из них гидромоторы устанавливаются непосредственно на ступице колеса машины или опоре ведущей звезды гусеничного двигателя (мотор-колеса). В этом случае используются героторные и высокомоментные радиально-поршневые гидромоторы либо аксиально-поршневые, встроенные в планетарный редуктор. На рис. 2 показаны примеры таких мотор-колес.

Рис. 3 демонстрирует примеры применения мотор-колес на различной технике. В приводах двигателей этих машин полностью исключены механические передачи, что позволяет обеспечить полную компактность и существенно снизить их массу.

Другой тип привода двигателей содержит последовательно соединенные

>>> >>> >>>

Рис. 2. Мотор-колеса с встроенным планетарным редуктором



HYDRAULIC PROPULSION SELF-PROPELLED MACHINERY

Kornyushenko S.I., RANS professor

The article considers the hydrostatic propulsion drives and road-building equipment. Presents the basic layout and circuit diagrams, revealed their differences, features, advantages and disadvantages. Shows the device main hydraulic listed schemes electroproportional and microprocessor control.



>>> Рис. 3. Гидростатические трансмиссии с мотор-колесами:

- а) каток;
- б) фронтальный погрузчик

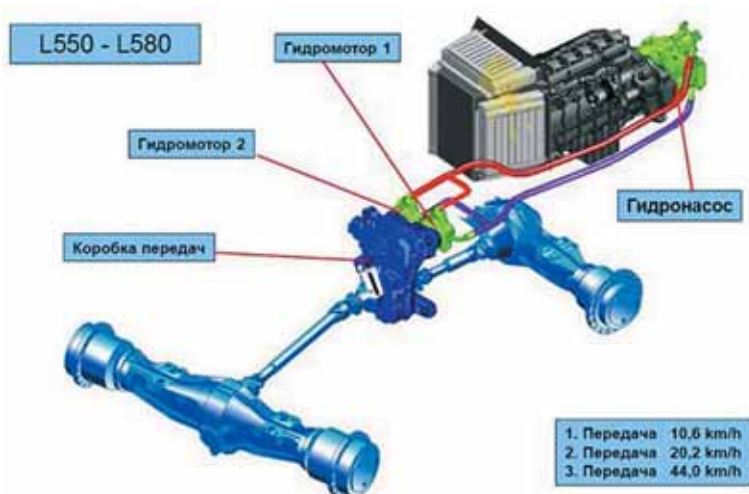


Рис. 4. Гидростатическая трансмиссия с механическими передачами

гидростатическую и механическую трансмиссии. Гидромотор устанавливается на передаточный редуктор, который распределяет силовые потоки на колеса машины с помощью механических передач (зубчатых, карданных, цепных и т.п.).

На рис. 4 показана трансмиссия привода хода машины, содержащая гидростатическую передачу (насос установлен на первичном двигателе, гидромоторы – на раздаточном редукторе), карданные валы, дифференциал, мосты.

На рис. 5 изображен фронтальный малогабаритный погрузчик с ГСТ и цепными бортовыми передачами.



Рис. 5. ГСТ погрузчика с цепной передачей

ГСТ уменьшают количество или совсем устраняют механические компоненты между первичным двигателем или двигателем машины. Это обстоятельство существенно сокращает затраты на заводскую сборку, а в эксплуатации – на обслуживание техники. Помимо этого, машины с ГСТ заметно экономят расход топлива, поскольку обладают свойством автоматического регулирования скорости при изменении внешней нагрузки, обеспечивая работу первичного двигателя в оптимальных условиях.

В ГСТ движителей с мотор-колесами необходимость в дифференциале отпадает. При повороте машины внешнее колесо вращается с большей скоростью, чем внутреннее (относительно точки поворота). Гидромотор внешнего колеса требует большего расхода жидкости, чем

внутреннего. Гидросистема автоматически распределяет рабочую жидкость между двумя гидромоторами в зависимости от их потребности.

Если ГСТ движителя оснащена двумя насосами и гидромоторами (рис. 6), то при повороте машины автоматическая система управления насосом сама регулирует его производительность в зависимости от потребности гидромотора.

Гидростатические трансмиссии движителей, выполненные по открытым схемам, преимущественно используются в машинах малой и средней мощности, конструкция которых не отличается высоким техническим уровнем, но имеет высокий спрос в эксплуатации. При одинаковых параметрах гидросистемы от-

крытых схем значительно дешевле закрытых аналогов. Насосы и другие гидрокompоненты в открытых гидросистемах движителей те же, что и для привода различных рабочих органов машины.

Даже при тяжелых режимах движения гидросистемы открытых схем редко перегреваются. В закрытых ГСТ требуются дополнительные устройства для охлаждения рабочей жидкости.

Гидростатическая трансмиссия, выполненная по открытой схеме, является идеальным решением для машины, у которой движение – не главная рабочая операция, т.е. в рабочем цикле не требуется постоянный реверс и частое торможение. Правильно подобранные компоненты ГСТ и незначительные потери давления в гидрораспределителе придают открытой гидросхеме дополнительные преимущества. Примером такой техники могут служить полноповоротные экскаваторы.

Наряду с положительными качествами ГСТ открытых схем обладают более низким КПД, меньшим быстродействием, они подвержены большим тряскам. В случае неконтролируемого ускорения машины, когда она движется по крутому спуску или буксируется с недопустимо высокой скоростью, достаточно сложно предотвратить кавитацию в насосе и

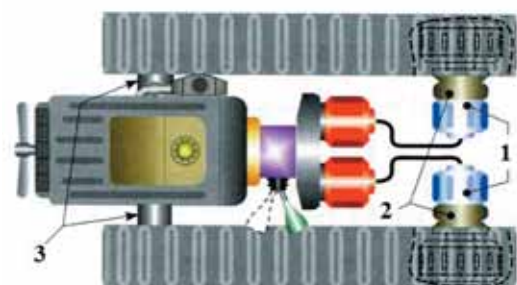
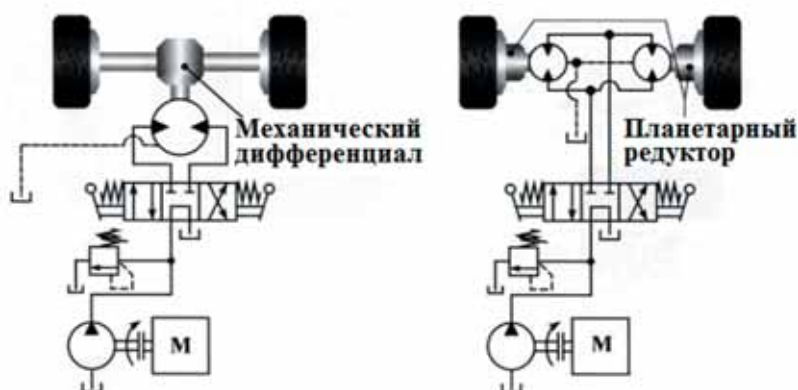


Рис. 6. ГСТ движителя с двумя насосами:
1 – гидромоторы хода;
2 – планетарные редукторы;
3 – направляющие колеса свободного вращения



>>>

Рис. 7. Основные типы открытых гидросхем движителей

гидромоторах, несмотря на применение специальных клапанов.

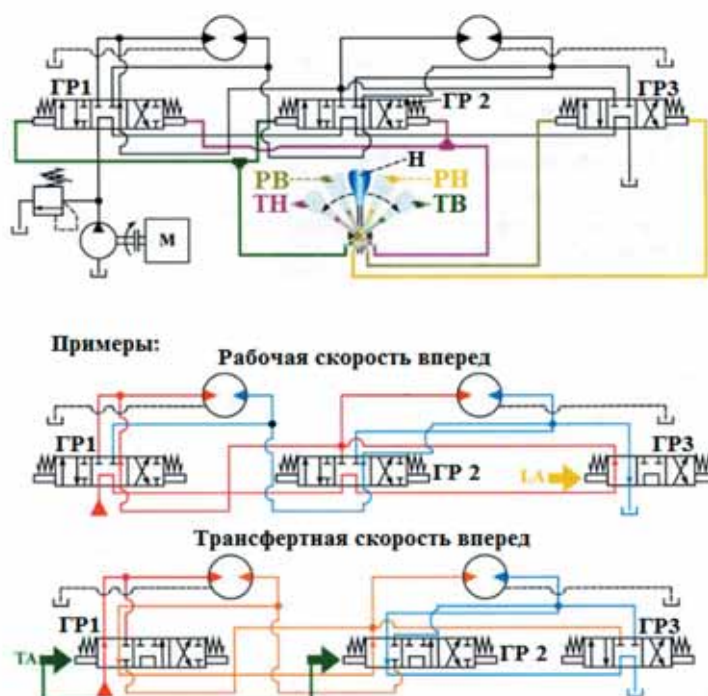
На рис. 7 показаны два основных типа открытых гидросхем движителей. Слева — один гидромотор передает движение на механический дифференциал, который вращает полуоси моста, связанные с колесами. Справа — два гидромотора через планетарный редуктор вращают мотор-колеса.

ГСТ с одним насосом и двумя гидромоторами может обеспечить различные режимы движения:

- низкая скорость, высокий крутящий момент;
- высокая транспортная скорость, низкий крутящий момент.

>>>

Рис. 8. Открытая схема ГСТ с функциями транспортной и рабочей скоростей: ГР1, ГР2, ГР3 – гидрораспределители; Н – нейтральное положение; ТВ – трансфертная скорость вперед; ТН – трансфертная скорость назад; РВ – рабочая скорость вперед; РН – рабочая скорость назад



На рис. 8 показана открытая схема ГСТ с функциями транспортной и рабочей скоростей машины. В качестве примеров приведены схемы коммутации гидрораспределителей.

Гидрораспределители ГР1 и ГР2 выполнены по схеме 6/3 (6 ходов (портов золотника)/3 позиции золотника), а ГР3 — по схеме 4/3. Джойстик блока гидроуправления перемещается крестообразно, имеет четыре рабочие и среднюю нейтральную позицию Н. В положении джойстика Н все золотники занимают нейтральные (центральные) позиции.

Если джойстик занимает положение РВ или РН, золотники гидрораспреде-

лителей ГР1 и ГР2 остаются в нейтральной позиции, а распределитель ГР3 соединяет гидромоторы по параллельной гидравлической схеме в режим низкой рабочей скорости соответственно вперед/назад.

В позиции джойстика РВ золотник гидрораспределителя ГР3 займет нейтральное положение. Золотники гидрораспределителей ГР1 и ГР2 переместятся вправо и соединят гидромоторы последовательно. Машина будет двигаться с высокой (трансфертной) скоростью, но крутящий момент на колесах будет меньше.

Быстрое обратное движение машины обеспечивается установкой джойстика в положение ТН. Золотник гидрораспределителя ГР3 останется в нейтральной позиции, а золотники ГР1 и ГР2 сместятся влево.

Для некоторых видов самоходной техники требуется синхронизация движения ведущих колес. На рис. 9 показана гидросхема для таких машин.

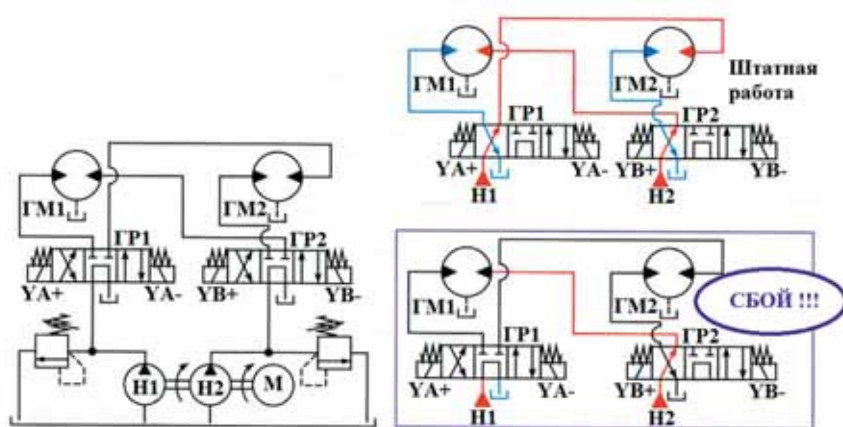
Два насоса с равными рабочими объемами питают два одинаковых гидромотора. Чтобы избежать ошибок управления или сбоя при срабатывании электромагнитных клапанов распределителей, гидравлические связи пересечены, т.е. поток рабочей жидкости от первого насоса проходит через первый распределитель во второй гидромотор, а его сливная магистраль проходит через второй распределитель. Аналогичная коммутация реализована и для второго насоса и первого распределителя.

После одновременной подачи электросигнала YA+ и YB+ насос Н1 нагнетает рабочую жидкость в гидромотор ГМ2, а насос Н2 — в гидромотор ГМ1. Сливная полость гидромотора ГМ1 через распределитель ГР1 соединяется с гидробаком, соответственно слив ГМ2 связан с гидробаком через ГР2 (см. правую верхнюю гидросхему на рис. 9).

Если случайно электромагнит YA+ обесточится, гидравлические соединения Н1-ГМ2 и ГМ2-ГР1 (слив) разорвутся и оба гидромотора остановятся. Из насоса Н2 рабочая жидкость через предохранительный клапан будет поступать в гидробак. Аналогичная ситуация произойдет, если случайно обесточится электромагнит YB+.

При одновременном включении электромагнитов YA- и YB- гидромоторы будут вращаться в противоположную сторону. При сбое YA- или YB- произойдет аналогичная ситуация, и колеса машины остановятся.

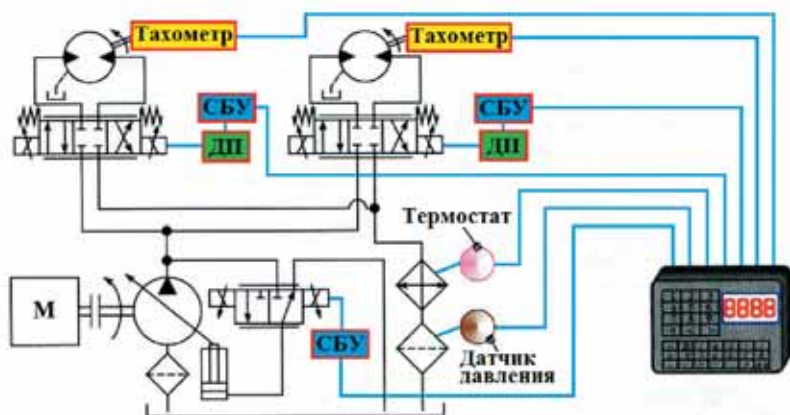
Эффективность ГСТ с открытой схемой значительно возрастает при использовании насоса с переменным рабочим объемом, оснащенного регулятором мощности или регулятором расхода. Регулятор мощности изменяет скорость дви-



>>>

Рис. 9. Гидросхема синхронизации движения колес:

М – первичный двигатель; Н1, Н2 – насосы; ГР1, ГР2 – гидрораспределители; YA, YB – электромагниты гидрораспределителей; ГМ1, ГМ2 – гидромоторы привода колес



>>>

Рис. 10. Открытая гидросхема движителя с микропроцессорным управлением:

СБУ – системный блок управления; ДП – датчик перемещения на основе дифференциального трансформатора

жения машины в зависимости от характера действия внешней нагрузки, отбирая при этом от первичного двигателя постоянную энергию. Регулятор расхода обеспечивает постоянную скорость машины вне зависимости от действия внешней нагрузки (до определенного предела, после которого происходит остановка).

Электропропорциональное управление обеспечивает еще лучшую управляемость машины. Системы управления очень надежны, если они содержат электропропорциональный гидрораспределитель с внутренними обратными связями, встроенный системный блок, датчики давления, положения, термостаты, преобразователи и т.п., т.е. имеют микропроцессорное управление.

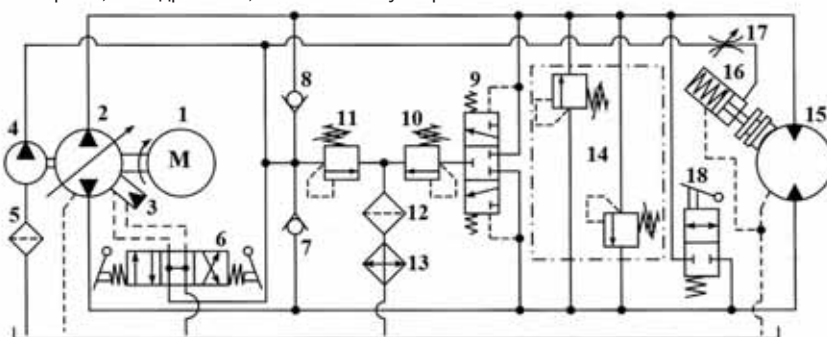
Несмотря на недостатки открытых гидросхем движителей, такие гидropередачи с электронным управлением иногда с успехом могут заменить дорогие закрытые ГСТ даже высокой мощности. На рис. 10 показана открытая гидросхема движителя с микропроцессорным управлением.

Гидростатические трансмиссии, выполненные по закрытой гидросхеме, нашли широкое применение в приводах хода спецтехники. В основном это машины, у которых движение является одной из основных функций, например,

>>>

Рис. 11. Гидростатическая трансмиссия движителя с закрытой схемой:

1 – первичный двигатель; 2 – силовой реверсивный насос; 3 – регулятор насоса; 4 – насос подпитки; 5 – всасывающий фильтр; 6 – гидрораспределитель реверса; 7, 8 – подпитывающие (антикавитационные) клапаны; 9 – клапан охлаждения рабочей жидкости; 10, 11 – предохранительные клапаны; 12 – сливной фильтр; 13 – теплообменник; 14 – блок вторичных (антишоковых) клапанов; 15 – гидромотор; 16 – тормоз; 17 – дроссель; 18 – клапан буксировочный



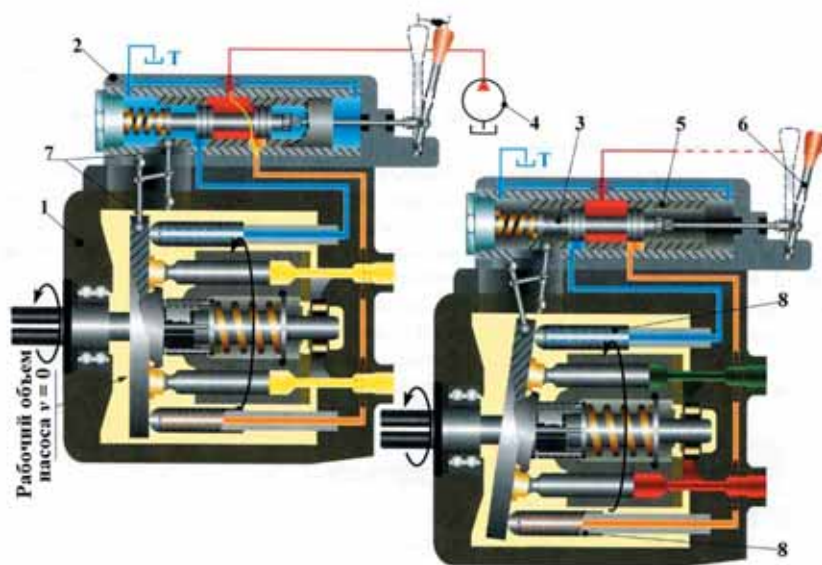
фронтальные погрузчики, бульдозеры, лесозаготовительная и сельскохозяйственная техника.

Закрытая ГСТ обладает более высоким быстродействием, лучшей управляемостью и маневренностью, что особенно важно для колесной техники. КПД закрытых схем более высокий и составляет около 80%. С пропорциональным электронным управлением такие гидropередачи приобретают отличные потребительские свойства, характеризуются повышенной точностью и отвечают самым жестким требованиям безопасности.

Закрытая ГСТ движителей конструктивно более сложная. Она содержит реверсивный силовой насос с регулятором, насос подпитки с всасывающим фильтром, группу антикавитационных и антишоковых клапанов, систему охлаждения рабочей жидкости, клапан, который отключает (шунтирует) гидромотор во время буксировки машины. Типовая схема закрытой ГСТ показана на рис. 11.

Насос подпитки необходим для восполнения утечек, которые неизбежно присутствуют в гидромоторе из-за наличия гарантированных зазоров в поршневой группе. Блок защитных клапанов (антишоковых и антикавитационных) служит для ликвидации забросов давления от гидравлических ударов в напорном контуре и возникновения вакуума жидкости в сливном, появляющихся при внешних динамических воздействиях на движитель машины.

Поскольку при интенсивной работе ГСТ движителя рабочая жидкость, совершив полезную работу в гидромоторе, сразу поступает в силовой насос, она неизбежно нагревается, часто сверх допустимых температур. Для ее охлаждения в процессе эксплуатации машины предусмотрены специальный клапан, сливной фильтр и теплообменник. Гидромотор привода движителя обычно снабжен гидравлическим тормозом.



>>>

Рис. 12. Ручное сервоуправление насоса:

1 — корпус насоса; 2 — корпус сервоклапана; 3 — управляющий (пилотный) золотник; 4 — насос управления; 5 — подвижная втулка; 6 — рычаг управления; 7 — рычаги обратной связи; 8 — плунжеры поворота наклонной шайбы

Очень часто в единый корпус силового насоса встраиваются подпиточный насос (он устанавливается на общем приводном валу), блок защитных и охлаждающих клапанов, а также другие компоненты.

В закрытых ГСТ приводах хода используются гидромоторы как с постоянным, так и с переменным рабочим объемом. Двигатели гидравлических машин малой и средней мощности часто оснащаются героторными или геролерными моторами. Они имеют оптимальные соотношения между средней/низкой частотой вращения вала и достаточно высоким крутящим моментом, поэтому, как правило, устанавливаются на ходовую часть машины без промежуточного редуктора.

В мощной технике используются аксиально-поршневые гидромоторы с наклонным блоком цилиндров или наклонной шайбой. Оба типа обладают высокой минимальной частотой вращения и низким крутящим моментом, поэтому для привода двигателей требуют применения планетарных редукторов с большим передаточным отношением.

Радиально-поршневые гидромоторы обладают высоким крутящим моментом при низкой частоте вращения вала. Они устанавливаются на двигатели тяжелых машин либо с небольшим редуктором, либо без него, как и героторные моторы на легкой технике.

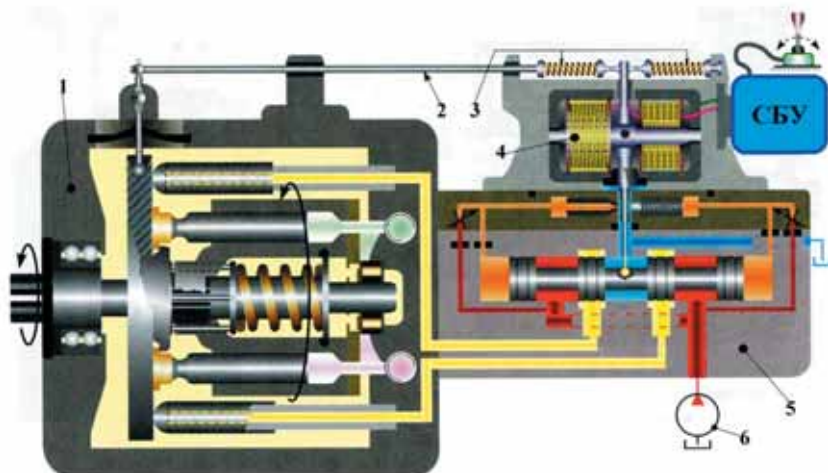
Поскольку гидромоторы с переменным рабочим объемом достаточно дорогие, они используются в двигателях мощных машин и высокопроизводительной технике. Регулируемые гидромоторы поз-

воляют существенно расширить диапазон скоростей движения гидравлической машины. Механизм изменения рабочего объема гидромотора такой же, как у насосов. Часто рабочий объем гидромотора задается только в двух положениях — минимальный и максимальный. Минимальный рабочий объем используется при транспортном движении машины с высокой скоростью, когда не требуется развивать для двигателя большого крутящего момента. При выполнении нагруженных технологических операций рабочий объем гидромотора принимает максимальное значение. В этом режиме

>>>

Рис. 13. Схема электропропорционального управления насосом:

1 — силовой насос с переменным рабочим объемом; 2 — механическая обратная связь; 3 — центрирующая пружина; 4 — электромагнитный клапан; 5 — клапан сервоуправления; 6 — насос управления



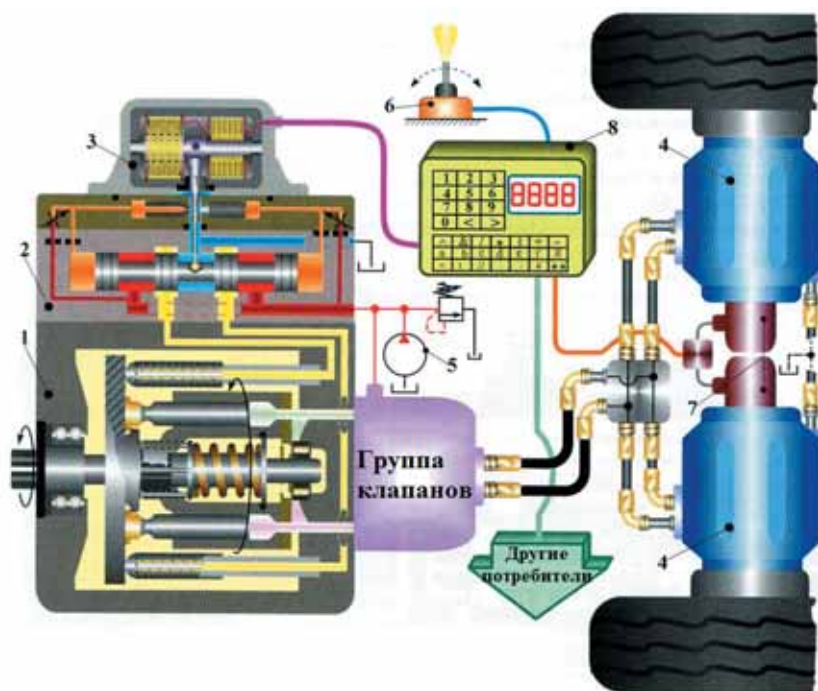
гидромотор генерирует высокий крутящий момент при низкой частоте вращения вала.

Во всех случаях скоростью движения машины управляет насос. В закрытых ГСТ используются реверсивные аксиально-поршневые насосы с наклонной шайбой, снабженные регуляторами. От направления наклона шайбы зависит движение потока рабочей жидкости в ту или иную сторону, т.е. движение машины вперед или назад. Угол наклона шайбы определяет соотношение расхода и развиваемого давления. Когда угол наклона шайбы равен 0° , вал насоса неподвижен, машина стоит. При максимальном угле наклона шайбы насос генерирует наибольший расход, обеспечивая наибольшую скорость движения машины.

Как отмечалось выше, регуляторы мощности обеспечивают автоматическое изменение скорости движения машины в зависимости от действия на движитель внешней нагрузки. Регуляторы потока обеспечивают постоянную скорость движения вне зависимости от действия нагрузки.

В некоторых гидравлических машинах небольшой мощности наклон шайбы насоса может осуществляться вручную с помощью специального механического рычага. В этом случае оператор сам определяет направление и скорость движения машины в зависимости от дорожных условий. Управление значительно улучшается при использовании сервоусилителей, LS системы или электропропорциональных устройств. В других версиях оператор может управлять движением машины с помощью джойстика или педали.

На рис. 12 показана схема управления насосом с помощью сервоусилителя. На левом рисунке изображен насос в ис-



>>>

Рис. 14. Схема ГСТ движителя колесной машины с микропроцессорным управлением: 1 – силовой реверсивный аксиально-поршневой насос; 2 – клапан сервоуправления; 3 – электромагнитный клапан; 4 – гидромотор; 5 – насос управления; 6 – джойстик управления; 7 – тахометры обратной связи; 8 – микропроцессор

ходном положении – золотник сервоусилителя находится в нейтральном положении, угол наклона шайбы равен 0° . При вращении вала насоса и, соответственно, блока цилиндров башмаки поршней качающего узла скользят по рабочей поверхности шайбы, не совершая возвратно-поступательных движений, т.е. не нагнетая жидкость в гидросистему. В этом случае рабочий объем насоса равен 0 см^3 и машина стоит.

При перемещении рычага управления 6 золотник сервоклапана направляет жидкость от насоса управления 4 под плунжер

8 поворота наклонной шайбы, который изменяет угол ее положения. Силовой насос начинает подавать рабочую жидкость в гидросистему. При перемещении рычага управления 6 в противоположную сторону происходит реверс потока рабочей жидкости, и машина меняет направление движения.

При отсутствии подвижной втулки 5 и рычагов 7 наклонная шайба после перемещения рычага 6 займет крайнее положение, и насос будет подавать в гидросистему максимальный расход.

Чтобы обеспечить плавное регулирование скорости машины, в системе

сервоуправления насосом предусмотрена обратная связь пилотного золотника. Как только оператор немного отклонит рычаг управления 6 и жидкость начнет поступать под плунжер 8, наклонная шайба, поворачиваясь, через рычаги 7 перемещает подвижную втулку 5 в сторону закрытия рабочего окна пилотного золотника 3. Жидкость перестает поступать под плунжер 8, и наклонная шайба останавливается в промежуточном положении. От величины угла ее наклона зависит значение расхода, поступающего в гидромотор, а следовательно, и скорость движения машины.

При дальнейшем перемещении рычага 6 шайба отклонится на больший угол. Расход насоса увеличится, скорость машины возрастет. Таким способом оператор может выбирать любые режимы работы.

Электрогидравлическое управление насосом отличается от механического наличием пропорционального электромагнитного клапана привода пилотного золотника, джойстика и электронного системного блока управления. Схема такой системы приведена на рис. 13.

На рис. 14 изображена схема ГСТ движителя колесной машины с микропроцессорным управлением. Помимо основных компонентов на ней показаны управляющие и обратные связи.

Электропропорциональное управление движителем машины обеспечивает легкость ее управления и высокую степень безопасности эксплуатации.

Развитие техники постоянно совершенствует гидравлические приводы движителей, наделяя их дополнительными качествами, повышающими эффективность и потребительские свойства строительно-дорожных машин и другой специальной техники. **СТТ**



СИСТЕМА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ

Исследования в машиностроительной гидравлике показывают, что более 70% отказов систем вызвано различными загрязнениями. Так, например, эксплуатировавшиеся длительное время рукава высокого давления (РВД) имеют на внутренних стенках отложения посторонних частиц размером до 0,8-1,2 мм и общей массой до 50 мг на погонный метр шланга. Загрязнения возникают и у новых машин в процессе сборки гидроразводки в заводских условиях.

Существует ряд традиционных методов промывки трубопроводов гидросистем, но все они достаточно трудоемки и неудобны для применения в эксплуатации. Швейцарская компания Compti предложила наиболее оптимальную систему механической очистки трубопроводов.

Суть процесса механической очистки состоит в перемещении внутри труб упругого элемента (пули), который впитывает в себя загрязнения, осевшие на их стенках. Пуля одинаково хорошо перемещается с высокой скоростью по упругим РВД и свободно проходит через адаптеры соединений металлических трубопроводов и их изгибы. Она очищает не только отдельные участки трубопровода, но и разветвленную сеть гидроразводки машины или оборудования. Пуля полностью проходит через трубопровод, вылетая с его обратной стороны.

Источником движения пули является сжатый воздух, подаваемый в трубопроводную систему из ручного пистолета. Система механической очистки труб отличается простотой конструкции, компактностью, небольшой массой, удобной эксплуатацией, быстрым освоением навыков в работе.

Простейшая система для очистки РВД и труб состоит из трех основных компонентов:



Рис. 1. Пусковой пистолет

- пускового пистолета, запитываемого от пневматической сети или компрессора;
 - сопла для стыковки пускового пистолета с концевыми выходами труб и РВД;
 - рабочего тела – пули из пенополиуретана различной плотности, выполняющей функцию удаления загрязнений.
- Пусковой пистолет, показанный на рис. 1, состоит из:
- корпуса;
 - фронтальной пластины для крепления сопла к пусковому пистолету;
 - защелки-фиксатора для удержания фронтальной пластины в рабочем положении;
 - муфты быстроразъемного соединения для подвода сжатого воздуха (внутренний диаметр 8 мм);

Корнюшенко С.И.,
д.т.н., профессор РАЕН

SYSTEM OF MECHANICAL CLEANING OF HYDRAULIC PIPELINES

Kornyushenko S.I., RANS professor

In the article is considered a new system of mechanical cleaning of hydraulic pipelines from soiling. A performance principle of the system is exposed, structures of components and a diagram of the device work are described. The main parameters are given and usage recommendations are cited.

- переходника с уплотнительной прокладкой для использования в пусковом пистолете сопел различных типов и размеров;
- ударно-спускового механизма для приведения пускового пистолета в действие;
- рукоятки для удержания пускового пистолета в нужном положении.

Сопла для стыковки пускового пистолета с концевыми выходами РВД, труб и другими гидрокомпонентами имеют различные конфигурации. Их схемы и назначение представлены в таблице 1.

Различные конструкции и размеры сопел, а также переходник с уплотнительной прокладкой показаны на рис. 2.

Для очистки гидравлических трубопроводов пули изготавливаются из полиуретановой пены средней плотности, имеют высокую степень сжатия. Помимо очистки от механических загрязнений РВД и стальных труб с местными сужениями могут использоваться для извлечения из трубопроводов остатков рабочей жидкости.

Таблица 1


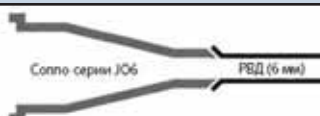

Схема сопел	Назначение
Сопла сменные универсальные для шлангов и рукавов высокого давления	
	Предназначены для стыковки пускового пистолета с выходами РВД и металлических трубопроводов. Сопла вставляются внутрь РВД или трубы, т.е. внешний диаметр конца сопла совпадает с внутренним диаметром трубопровода. Применяются для РВД и металлических трубопроводов с внутренним диаметром от 6 до 50 мм (от 0,25 до 2 дюймов).
Сопла сменные с торцевым уплотнением типа JIC и внешним обхватом	
	Предназначены для стыковки пускового пистолета с выходами РВД и металлических трубопроводов посредством торцевого уплотнения типа JIC (наружный конус сопла — 74°) или внешним обхватом. Применяются для РВД и металлических трубопроводов с внутренним диаметром от 6 до 50 мм (от 0,25 до 2 дюймов).
Сопла сменные с торцевым уплотнением типа BSP	
	Предназначены для стыковки пускового пистолета с выходами РВД и металлических трубопроводов посредством торцевого уплотнения типа BSP (внутренний конус сопла — 60°) или внешним обхватом. Применяются для РВД и металлических трубопроводов с внутренним диаметром от 6 до 32 мм (от 0,25 до 1,25 дюйма)



Рис. 3. Полиуретановые пули для очистки различных загрязнений

Рис. 2. Конструкции сопел



Рис. 4. Установка механической очистки трубопроводов с дополнительными аксессуарами

Идеально подходят для систем с угловыми фитингами, змеевиками, Т-образными соединениями и местными сужениями.

Для других назначений (удаление коррозии, окалины, налетов, сильных или слабых загрязнений, жидких сред и т.п.) пули выпускаются из полиуретана различной плотности и подразделяются на 5 серий. Каждая серия предназначена для удаления соответствующего типа загрязнения и имеет линейку размеров для различных диаметров трубопроводов. На выбор пуль, соответственно, и на степень очистки влияют физические свойства загрязняющего материала и его распределение на внутренних поверхностях трубопроводов. Для достижения лучшего эффекта очистки рекомендуется сочетать разные серии пуль.

При выборе размера пули следует учитывать, что ее диаметр должен быть

больше внутреннего диаметра очищаемого РВД или трубы. Величина перекрываемых диаметров зависит от серии пули, т.е. от ее упругости. На рис. 3 показаны полиуретановые пули для очистки различных загрязнений.

Перед началом работы следует убедиться, что давление сжатого воздуха в пневмосистеме соответствует рекомендуемым параметрам — от 6 до 10,5 бар. В таблице 2 раскрыта схема работы системы механической очистки гидравлических трубопроводов.

Хранить пули необходимо в темном месте, вдали от воздействия прямых солнечных лучей. Использованные пули утилизируются как твердые бытовые отходы.

Система может комплектоваться дополнительными аксессуарами — адаптерами для сопел, универсальным соплом, пулеуловителем, устройствами автоматической подачи пуль и смены их магазинов. На рис. 4 показан один из вариантов комплектации установки.

Использование системы механической очистки гидравлических трубопроводов в заводских и особенно в эксплуатационных условиях значительно повышает ресурс и безотказную работу любой гидравлической техники. **СТТ**

Схема работы системы механической очистки гидравлических трубопроводов.

Таблица 2

Шаг 1. Подключение сжатого воздуха	
	Подключение сжатого воздуха к пусковому пистолету производится посредством быстроразъемного соединения (поставляется в комплекте). Внутренний диаметр подводящего шланга — 8 мм. Минимальное рекомендуемое давление в пневмосистеме — 6 бар. Максимально допустимое давление — 10,5 бар. В качестве источника сжатого воздуха может применяться как стандартный компрессор производительностью от 200 до 400 л/мин, так и баллон со сжатым воздухом, подключенный через регулятор давления. Допустимо подключение к стационарной пневмосети предприятия при соблюдении упомянутых требований.
Шаг 2. Установка сопла	
	Для установки сопла необходимо открыть фронтальную пластину, нажав на защелку-фиксатор со стороны пистолетной рукоятки. Выберите сопло нужного типа и размера. Для сопел диаметром менее 38 мм используйте переходник с уплотнительной прокладкой (поставляются в комплекте). Установите сопло (или переходник с вставленным соплом) во фронтальную пластину.
Шаг 3. Установка пули в сопло	
	Выберите пулю в зависимости от характера и степени загрязнения, соответствующую внутреннему диаметру РВД или стального трубопровода. Вставьте пулю в сопло.
Шаг 4. Подготовка пускового пистолета к работе	
	Закройте фронтальную пластину до упора, зафиксировав ее защелкой-фиксатором. Проверьте плотность герметизации, убедитесь, что защелка-фиксатор надежно держит фронтальную пластину в рабочем положении.
Шаг 5. Запуск пули	
	Установите сопло пускового пистолета в отверстие РВД или трубопровода. Плотно прижмите сопло к входному отверстию, обеспечив необходимую герметизацию соединения. Нажмите спусковой крючок. Убедитесь, что пуля вышла из другого конца РВД или трубопровода. Если пуля застряла в РВД или трубопроводе, переустановите пистолет с другой стороны и произведите очистку воздухом.



БАЗОВЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ГИДРОПРИВОДОВ

1. Основные свойства рабочих жидкостей. Часть 1
2. Основные свойства рабочих жидкостей. Часть 2
3. Режимы всасывания гидронасосов.
4. Динамические режимы работы гидронасосов. Часть 1
5. Динамические режимы работы гидронасосов. Часть 2
6. Распределение мощности при регулировании насосом. Часть 1
7. Распределение мощности при регулировании насосом. Часть 2
8. Шум в гидросистемах
9. Классификация гидроцилиндров
10. Управление гидроцилиндров



ШУМ В ГИДРОСИСТЕМАХ

Шум является акустическим феноменом с меняющейся интенсивностью и частотой за счет упругих колебаний воздуха. Шум часто вызывает у людей неприятные и болезненные физические ощущения. Может показаться, что эти положения не имеют ничего общего с машиностроительной гидравликой; на самом деле шум представляет собой серьезную проблему с точки зрения безопасности и технических последствий.

Корнюшенко С.И.,
д.т.н., профессор РАЕН

Вибрация упругого тела создает в воздухе последовательную серию колебательных волн. Частицы воздуха, как пружина, сжимаются, а затем отталкиваются друг от друга, создавая разрежение, и вновь возвращаются в исходное положение, совершая полное гармоническое колебание. Форма каждого полного колебания воздушной массы представляет синусоиду. Полное колебание (синусоида) происходит за период времени T . Количество полных колебаний (синусоид) в секунду определяет частоту f , которая измеряется в герцах (Гц):

$$f = \frac{1}{T}$$

Если одно полное колебание воздуха (синусоида) происходит в течение $1/5$ секунды, то частота составит

$$f = \frac{1}{1/5} = 5 \text{ Гц}$$

Звук – это диапазон частот колебаний воздуха, воспринимаемый человеческим ухом. Частоты этих колебаний обычно изменяются в пределах от 20 до 20000 Гц (возможный разброс значений: от 12-24 до 18000-24000 герц). В молодости лучше слышен среднечастотный звук с частотой 3000 Гц, в среднем возрасте – 2000-3000 Гц, в старости – 1000 Гц.

Приблизительная скорость слышимого среднечастотного звука (порядка 1000-2000 Гц) в воздухе при температуре 21°C составляет 344 м/с и примерно 332 м/с – при 0°C . Скорость распространения звука в жидкостях, металлах и других материалах зависит от их молекулярной структуры, но в любом случае она намного выше, чем в воздухе. В воде скорость звука составляет около 1500 м/с, а в металлах – порядка 5000 м/с.

Звуковые колебания за пределами слышимости человеческого уха с частотами ниже 20 Гц известны как инфразвуковые, выше 20000 Гц – ультразвуковые. Величина частот определяет высоту звука. У очень высоких частот она является острой, высокой, пронзительной.

Для сравнения укажем, что камертон для музыкальных инструментов настраивается на частоту 442 Гц. Диапазон частот звучания труб располагается в среднем от 220 до 1046 Гц, флейты – от 260 до 2200 Гц, контрабасов – от 41 до 400 Гц. Частоты колебаний человеческого голоса лежат в пределах от 60 Гц (низкий бас) до 1300 Гц (колоратурное сопрано).

Но это – чистые звуки. В современном понимании акустическим шумом являются беспорядочные колебания различной физической природы, отличающиеся сложностью времен-

NOISE IN HYDRAULIC SYSTEMS

Kornyushenko S.I., RANS professor

In the article are considered nature and causes of sounds origin. Their distinction from noise is shown. Characteristic peculiarities of sound vibrations are described. Causes and noise sources in separate hydraulic components and in a hydraulic system as a whole are explained. Methods of noise-prevention are cited.

ной и спектральной структуры. Единицей измерения шума принят децибел (дБ). Он определяется логарифмом отношения измеряемого звукового давления к эталонному, т.е.

$$A_{dB} = 10 \lg \frac{A}{A_0}$$

Здесь: A_{dB} – величина звука в децибелах, A – измеряемое звуковое давление, A_0 – эталонная величина звукового давления, принятая за базис.

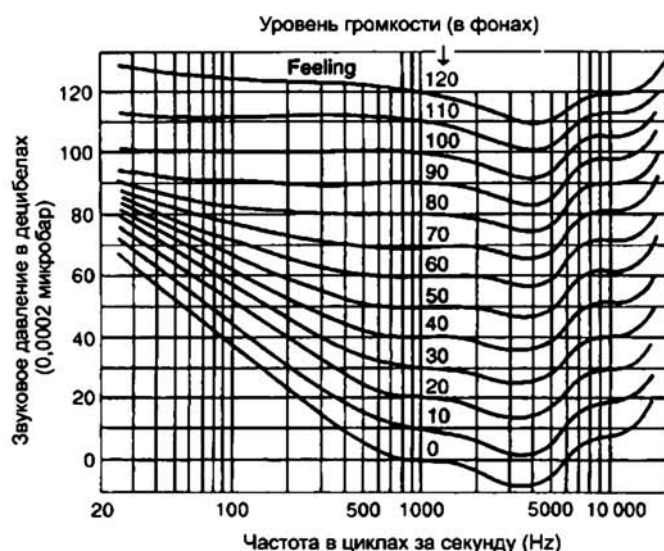
Децибел – это не абсолютная величина, как, например, ватт или мегапаскаль, а относительная, как кратность (трехкратное отличие) или проценты. Децибел служит для измерения отношения двух величин в логарифмическом масштабе. Русское обозначение единицы децибел – дБ, международное – dB (неправильно: дб, Дб).

Децибел не является официальной единицей в международной системе измерений СИ. Но по решению Генеральной конференции по мерам и весам допускается его применение без ограничений совместно с СИ, а Международное бюро мер и весов рекомендовало включить его в эту систему.

Для ориентировочной оценки можно указать, что уровень шума при разговорной речи на расстоянии 1 м соответствует 60 дБ, а при работе отбойного молотка – 120 дБ.

Звуки с низкой и высокой частотой кажутся тише, чем среднечастотные той же интенсивности, т.е. слуховое восприятие человека не является постоянным. Это наглядно демонстрируют кривые Флетчера-Мансона (Fletcher-Munson), приведенные на рис. 1.

Учитывая отмеченный биологический факт, неравномерную чувствительность человеческого уха к звукам разных частот модулируют с помощью специального электронного частотного фильтра. В результате нормирования



>>>

Рис. 1. Кривые Флетчера-Мансона (Fletcher-Munson)

измерений получается так называемый эквивалентный (по энергии) уровень звука с размерностью дБА (дБ(A) означает – с фильтром А).

Работа объемных насосов и ряда гидрокompонентов сопровождается шумом, который носит закономерный характер. Уровень шума часто является показателем совершенства их конструкции, характеристикой качества изготовления и монтажа на машине. Нештатные значения уровня шума служат сигналом о наличии или появлении дефектов.

Высокий уровень шума может представлять угрозу для здоровья человека. Поэтому при разработке гидрокompонентов в их конструкцию закладываются условия, которые не позволяют шуму превышать значения санитарных норм.

Возбудителями шума в гидравлических системах являются колебания механических элементов, потока рабочей жидкости и давления. Все эти источники генерируют звуки одновременно и, накладываясь друг на друга, создают шум. Возникающая кавитация генерирует звук высокой частоты (свист).

В большинстве случаев основным источником шума в гидроприводах является насос. Главной причиной колебаний давления в насосе является пульсация потока рабочей жидкости, обусловленная движением вытеснителей качающего узла. Их частотная составляющая кратна количеству вытеснителей качающего узла (поршней, зубьев шестерен, пластин). Пульсации потока возникают также в результате преодоления гидравлического сопротивления в напорной гидромагистрали и сил инерции упругой рабочей жидкости. Они вызывают ответные колебания, а часто и вибрацию механических узлов насоса и других компонентов гидросистемы.

В поршневых насосах частота вращения вала (плунжерная частота) также генерирует колебания давления при переходе потока через разделительную перегородку распределителя между окнами всасывания и нагнетания.

Во всасывающей полости насоса давление рабочей жидкости всегда меньше, чем в нагнетающем контуре. В момент соединения цилиндра качающего узла с нагнетающей полостью (через окно распределителя) в него поступает некоторый объем жидкости (давление в цилиндре поршня стремится сравняться с выходным, возникает обратный поток). Величина этого объема определяется в основном перепадом давления в полостях всасывания и нагнетания насоса, а также модулем упругости жидкости и объемом цилиндра.

Этот процесс сопровождается забросом давления (гидроударом), вызывающим колебания нагруженных деталей насоса. Они, распространяясь через жидкость в напорную магистраль гидросистемы, могут возбуждать волновые процессы и вибрации гидрокompонентов (металлических трубопроводов и т.п.).

Вместе с тем на упомянутые пульсации накладываются высокочастотные гармоники, вызванные различными факторами – кавитацией жидкости в насосе, колебаниями его подшипников, корпуса и т.п. Спектр частот, вызванный такими колебаниями, может в 15-20 раз превышать периодичность работы поршней в насосе.

В результате одновременного действия упомянутых факторов развивается сложный колебательный процесс с широким диапазоном частотных составляющих, который и генерирует звуковой шум.

Для конкретных типов насосов имеют место специфические источники шумов.

Корпуса шестеренных, пластинчатых и подобных насосов являются частью качающего узла. Колебания давления при их работе вызывают вибрации корпуса, которые могут служить дополнительными факторами, усиливающими шум.

В шестеренных насосах непредсказуемые скачки давления жидкости в межзубовых пространствах достигают более высоких значений, чем в гидромашинах других типов. Резкое повышение уровня шума происходит в результате недостаточной плотности потока (разряжения жидкости) при всасывании. При таких режимах появляются характерные резкие колебания давления на выходе насоса. Они вызывают интенсивные соударения зубьев, находящихся в зацеплении, и вибрацию остальных деталей.

Механическое соударение зубьев, их вибрация, люфт в зацеплении шестерен в значительной мере генерируют шум. Соударение зубьев генерирует частоту спектра шума, кратную произведению числа оборотов вала насоса на количество зубьев шестерен. Вибрация зубьев дает высокочастотную составляющую, равную частоте их собственных колебаний.

По этим причинам шумность шестеренных насосов по сравнению с поршневыми более высокая.

В насосах с переменным рабочим объемом колебания элементов привода блока цилиндров или наклонной шайбы являются дополнительными составляющими источников шума. Колебания автоматических регуляторов (мощности, давления, расхода) могут вызывать пульсацию подачи рабочей жидкости и, соответственно, колебания давления на выходе насосов.

В роторно-винтовых насосах отсутствуют элементы, совершающие возвратно-поступательное движение. Нагнетание рабочей жидкости осуществляется вращением винтовой пары. Поэтому роторно-винтовые насосы генерируют очень слабый шум. Они часто используются в медицинском оборудовании, гидроприводах механизации театральных сцен и других объектах, к которым предъявляются высокие антишумовые требования.

Уровень шума в гидросистеме в значительной мере определяется работой клапанной и распределительной гидроаппаратуры.

В дроссельных клапанах шум в основном генерируется завихрениями жидкости и кавитационными явлениями при выходе потока из рабочих каналов. Часто повторяемые местные высокочастотные пульсации давления (гидравлические кавитационные микроудары), вызванные непрерывным образованием и разрушением пузырьков пара и воздуха, генерируют шум сверхвысоких составляющих спектра – до 20000 Гц.



Рис. 2. Блоки клапанов

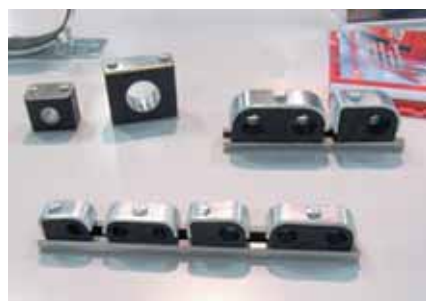


Рис. 3. Зажимы с пластиковыми губками для крепления трубопроводов

В клапанах давления (предохранительных, редукционных, последовательности) шум генерируется в основном вибрацией пружины, колебаниями запорного элемента и гидродинамическими процессами. Характер гидродинамических явлений в клапанах подобен колебаниям жидкости в дросселях. В клапанах давления также возникают сильные завихрения жидкости, и происходит кавитация.

Если в клапане давления не предусмотрен демпфер, его конусный запорный элемент при небольшом открытии и относительно высокой амплитуде колебаний может ударяться о седло, вызывая шум. При определенных условиях, вызываемых силами инерции движущихся частей и упругостью жидкости, могут возникать резонансные колебания, при которых забросы давления в несколько раз превышают величину настройки клапана.

Острые кромки и незакругленные углы в каналах гидрокомпонентов являются источником звуковых колебаний. При высоких скоростях течения жидкости ($V_{ж} > 6$ м/с) возникают завихрения, которые сопровождаются высокочастотными колебаниями давления, генерируемыми вибрацией и шум.

Развивающиеся в клапанах колебания давления распространяются через рабочую жидкость по гидромагистралям, часто вызывая вибрации трубопроводов и других элементов гидросистемы, которые генерируют звуковой шум.

Если существует более одного источника шума, уровень результирующего звука не является их простой алгебраической суммой. Они складываются по логарифмическому закону.

При наличии n равноудаленных источников звука, интенсивность каждого из которых составляет величину A , результирующий уровень шума A_{Σ} определяется по следующей формуле:

$$A_{\Sigma} = A + 10 \log n \text{ [дБ]}.$$

Например, два гидрокомпонента, находящихся на равном расстоянии от уха оператора, генерирующие звуки одинакового уровня 30 дБ, создадут общий шум величиной

$$A_{\Sigma} = 30 + 10 \cdot \log 2 = 30 + 10 \cdot 0,3 = 33 \text{ дБ}.$$

Если три источника шума генерируют звук по 60 дБ, то общий уровень шума составит

$$A_{\Sigma} = 60 + 10 \cdot \log 3 = 60 + 10 \cdot 0,48 = 64,8 \text{ дБ}.$$

Допустимый уровень шума в производственных помещениях по международным стандартам составляет 85 дБ. При наличии множества источников шума,

которые генерируют звуки различного уровня громкости, логарифмические вычисления становятся слишком сложными. В подобных случаях используют специальные таблицы и номограммы.

Однако с шумом можно бороться, уменьшая его распространение по твердым телам и жидкости. В первом случае заменяют гидрокомпоненты на более современные, у которых минимизировано количество деталей, генерирующих колебания, изменена их конструкция в пользу виброзащитности, использованы звукопоглощающие материалы (пластмассы, армированная резина) и т.п. Известно, что сплав марганца (70%) и меди (30%), обладающий высокими механическими свойствами, является лучшим металлическим демпфирующим материалом. В гидрокомпонентах часто применяют демпфирующие устройства на пути пульсирующего потока жидкости.

Объединение клапанов в один блок (рис. 2) помимо ряда технологических и компоновочных преимуществ способствует уменьшению шума.

Большое значение в борьбе с шумом приобретает правильное крепление гидрокомпонентов на машине или оборудовании, особенно трубопроводов.

Уменьшение шума в гидросистеме достигается использованием гибких рукавов высокого давления. Они хорошо демпфируют колебания жидкости и вибрацию металлических трубопроводов. Для снижения вибрации труб используют пластиковые крепежные элементы. На рис. 3 показаны зажимы с пластиковыми губками для крепления трубопроводов.

На рис. 4 показано крепление трубопроводов на различном гидравлическом оборудовании. **СТП**

Рис. 4. Крепление трубопроводов на гидравлическом оборудовании

