

## К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫМИ И ДОРОЖНЫМИ МАШИНАМИ С ГИДРАВЛИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ

*Канд. техн. наук СМОЛЯК А. Н.*

*Белорусский национальный технический университет*

Конкурентоспособность современной строительной и дорожной техники определяется рядом факторов: удобством управления машиной, уровнем автоматизации производства технологических процессов, стоимостью строительной техники, эксплуатационными затратами, ремонтпригодностью и производительностью.

Применение гидропривода в строительных и дорожных машинах, предназначенных в основном для эксплуатации на открытом воздухе, в широком диапазоне температур, при повышенной запыленности воздуха, частых кратковременных перегрузках и вибрации, требует организации специализированного производства гидравлического оборудования, отвечающего специфическим условиям эксплуатации. В связи с тем, что гидрооборудование, выпускаемое другими отраслями машиностроения, не удовлетворяет этим специфическим требованиям, ведущими фирмами различных стран мира организован выпуск нового гидравлического оборудования для строительных и дорожных машин. Постоянно принимаются меры по дальнейшему совершенствованию, освоению нового и увеличению серийного производства гидрооборудования для мобильных строительных машин с целью более полного удовлетворения потребности отрасли.

В гидроприводах современных строительных и дорожных машин существуют два основных типа систем: с разомкнутой и замкнутой циркуляцией рабочей жидкости.

В системе с разомкнутой циркуляцией рабочая жидкость после прохождения через ведомые звенья – гидродвигатели – возвращается в гидробак, откуда вновь забирается ведущим звеном – насосом. Подобные системы получили широкое развитие в многоконтурных приводах рабочего оборудования мобильных машин бла-

годаря достаточно дешевой конструкции дроссельных аппаратов для регулирования скоростей движения гидродвигателей, а также дополнительной возможности воздушного охлаждения рабочей жидкости через большую площадь поверхности гидробака.

Однако с развитием в строительной отрасли тенденции к повышению мощности приводов дроссельное регулирование уступает место объемному, так как не обеспечивает необходимую базу для совершенствования гидропривода: создает значительный перегрев рабочей жидкости, чем вызывает необходимость дополнительной системы охлаждения, неоправданно снижает объемный и общий КПД привода. Кроме того, одновременная работа нескольких насосов в многоконтурных приводах с разомкнутой циркуляцией обуславливает значительный объем гидробака, который занимает на мобильной машине слишком много места.

Объемное регулирование – лидер современного гидропривода – предпочитает системы с замкнутой циркуляцией рабочей жидкости, в которых (если не учитывать утечек) перемещается всегда один и тот же объем жидкости от ведущего звена (насоса) к ведомому (гидродвигателю) и обратно. Поэтому в данной системе отсутствует основной (большой) гидробак, что сразу положительно сказывается на массогабаритных характеристиках машин.

Системы с замкнутой циркуляцией весьма требовательны к очистке рабочей жидкости, однако они прекрасно защищены от наружной пыли и грязи. К тому же современные системы с разомкнутой циркуляцией требуют не менее высокого уровня очистки рабочей жидкости, соответствующего работе высокопроизводительных аксиально-поршневых гидромашин. Если высокий класс чистоты рабочей жидкости сегодня необходим во всех высокопроизводи-

тельных приводах, то требование к очистке жидкости не является уже недостатком.

Неизменными частями гидропривода с замкнутой циркуляцией рабочей жидкости являются [1]: два предохранительных клапана, настраиваемых на максимальное рабочее давление, два обратных гидроклапана, соединенных с гидролинией подпитки, система подпитки и система охлаждения рабочей жидкости.

Система подпитки включает насос подпитки, предохранительный гидроклапан, фильтр и небольшой по объему гидробак, необходимый для бесперебойной работы насоса системы подпитки.

Гидропривод с замкнутой циркуляцией должен быть постоянно заполнен рабочей жидкостью, иначе в системе возникнет разрыв струи, который выведет систему из строя. Так как в работающем гидроприводе неизбежны утечки через неплотности сопряженных деталей насоса, гидромотора и других элементов гидропривода, в нем должен быть предусмотрен постоянный источник пополнения утечек извне. Таким источником в гидроприводе с замкнутой циркуляцией служит насос подпитки, который через фильтр и обратные гидроклапаны постоянно пополняет систему. Избыточное количество жидкости сливается через предохранительный гидроклапан в гидробак. Предохранительный гидроклапан настраивается на давление, несколько большее давления, которое может возникнуть в сливной гидролинии системы с замкнутой циркуляцией.

В рассматриваемом гидроприводе каждая из гидролиний в зависимости от направления движения рабочей жидкости, подаваемой насосом, может быть напорной или сливной.

Объемный способ регулирования, который обычно применяется в системах гидропривода с замкнутой циркуляцией, осуществляется изменением или рабочего объема насоса, или рабочего объема гидромотора, или рабочих объемов и насоса и гидромотора.

Сложность охлаждения систем с замкнутым потоком обусловлена отсутствием большого бака, стенки которого в системах с разомкнутой циркуляцией подвергаются воздушному охлаждению. Однако естественное воздушное охлаждение при положительных температурах в летний сезон (на который приходится большая

часть строительных и дорожных работ) становится неэффективным. И в гидроприводах с разомкнутой циркуляцией приходится использовать дополнительные системы охлаждения для обеспечения работоспособности строительной техники. Итак, наличие системы охлаждения для гидропривода с замкнутым потоком не увеличивает себестоимость строительной машины в сравнении с существующими совершенными приводами мобильной техники.

Замкнутые регулируемые гидроприводы находят применение в гидрообъемных трансмиссиях транспортных и строительных машин (тягачей, погрузчиков, катков, самоходных кранов). Гидропередачи такого типа успешно применяются для привода различных поворотных устройств, в экскаваторах, грузоподъемных машинах, а также в буровых установках, конвейерах. В последнее время аксиально-поршневые регулируемые насосы широко используются в приводе бетономешалок, асфальто- и бетоноукладчиков и т. д. При исследовании типовой замкнутой гидросистемы не представляется возможным учесть разнообразный характер нагрузок, связанных с особенностями рабочего органа и свойствами среды, на которую он воздействует. Однако для большинства перечисленных машин характерным является преобладание инерционной нагрузки.

Традиции применения разомкнутых систем для привода рабочего оборудования, а замкнутых систем – для привода ходового оборудования мобильных машин обусловлены необходимостью подключения в рабочем оборудовании строительных и дорожных машин гидроцилиндров (т. е. гидродвигателей с возвратно-поступательным перемещением выходных звеньев), а в ходовом – гидромоторов (с непрерывным вращательным движением выходных звеньев). При достижении поршня гидроцилиндра крайнего положения повышается давление в гидросистеме. Если вовремя не переключить гидрораспределитель в нейтральное положение – произойдет перегрев рабочей жидкости, проходящей через предохранительный клапан. И насос в этих условиях будет работать с высокими нагрузками. В известных гидроприводах гидрораспределители переводят золотники в нейтральное положение автомати-

тельных приводах, то требование к очистке жидкости не является уже недостатком.

Неизменными частями гидропривода с замкнутой циркуляцией рабочей жидкости являются [1]: два предохранительных клапана, настраиваемых на максимальное рабочее давление, два обратных гидроклапана, соединенных с гидролинией подпитки, система подпитки и система охлаждения рабочей жидкости.

Система подпитки включает насос подпитки, предохранительный гидроклапан, фильтр и небольшой по объему гидробак, необходимый для бесперебойной работы насоса системы подпитки.

Гидропривод с замкнутой циркуляцией должен быть постоянно заполнен рабочей жидкостью, иначе в системе возникнет разрыв струи, который выведет систему из строя. Так как в работающем гидроприводе неизбежны утечки через неплотности сопряженных деталей насоса, гидромотора и других элементов гидропривода, в нем должен быть предусмотрен постоянный источник пополнения утечек извне. Таким источником в гидроприводе с замкнутой циркуляцией служит насос подпитки, который через фильтр и обратные гидроклапаны постоянно пополняет систему. Избыточное количество жидкости сливается через предохранительный гидроклапан в гидробак. Предохранительный гидроклапан настраивается на давление, несколько большее давления, которое может возникнуть в сливной гидролинии системы с замкнутой циркуляцией.

В рассматриваемом гидроприводе каждая из гидролиний в зависимости от направления движения рабочей жидкости, подаваемой насосом, может быть напорной или сливной.

Объемный способ регулирования, который обычно применяется в системах гидропривода с замкнутой циркуляцией, осуществляется изменением или рабочего объема насоса, или рабочего объема гидромотора, или рабочих объемов и насоса и гидромотора.

Сложность охлаждения систем с замкнутым потоком обусловлена отсутствием большого бака, стенки которого в системах с разомкнутой циркуляцией подвергаются воздушному охлаждению. Однако естественное воздушное охлаждение при положительных температурах в летний сезон (на который приходится большая

часть строительных и дорожных работ) становится неэффективным. И в гидроприводах с разомкнутой циркуляцией приходится использовать дополнительные системы охлаждения для обеспечения работоспособности строительной техники. Итак, наличие системы охлаждения для гидропривода с замкнутым потоком не увеличивает себестоимость строительной машины в сравнении с существующими совершенными приводами мобильной техники.

Замкнутые регулируемые гидроприводы находят применение в гидрообъемных трансмиссиях транспортных и строительных машин (тягачей, погрузчиков, катков, самоходных кранов). Гидропередачи такого типа успешно применяются для привода различных поворотных устройств, в экскаваторах, грузоподъемных машинах, а также в буровых установках, конвейерах. В последнее время аксиально-поршневые регулируемые насосы широко используются в приводе бетономешалок, асфальто- и бетоноукладчиков и т. д. При исследовании типовой замкнутой гидросистемы не представляется возможным учесть разнообразный характер нагрузок, связанных с особенностями рабочего органа и свойствами среды, на которую он воздействует. Однако для большинства перечисленных машин характерным является преобладание инерционной нагрузки.

Традиции применения разомкнутых систем для привода рабочего оборудования, а замкнутых систем – для привода ходового оборудования мобильных машин обусловлены необходимостью подключения в рабочем оборудовании строительных и дорожных машин гидроцилиндров (т. е. гидродвигателей с возвратно-поступательным перемещением выходных звеньев), а в ходовом – гидромоторов (с непрерывным вращательным движением выходных звеньев). При достижении поршня гидроцилиндра крайнего положения повышается давление в гидросистеме. Если вовремя не переключить гидрораспределитель в нейтральное положение – произойдет перегрев рабочей жидкости, проходящей через предохранительный клапан. И насос в этих условиях будет работать с высокими нагрузками. В известных гидроприводах гидрораспределители переводят золотники в нейтральное положение автомати-

ческими фиксаторами, что спасает насосы от перегрузок. Поэтому при проектировании гидроприводов рабочего оборудования с гидроцилиндрами конструкторы осторожно обходят замкнутую структуру привода необеспеченного необходимым уровнем автоматизации управления. Гидрофицированное же ходовое оборудование невозможно представить без замкнутого контура и объемного регулирования.

Однако с целью повышения уровня автоматизации управления строительными и дорожными машинами целесообразно применение объемного гидропривода с замкнутым потоком рабочей жидкости для приводов не только ходового, но и рабочего оборудования.

На кафедре «Строительные и дорожные машины» БНТУ ведется работа по созданию новых конкурентоспособных технических решений в области многоконтурных гидроприводов для мобильных строительных и дорожных машин.

С целью повышения уровня автоматизации технологических процессов для приводов многофункциональных мобильных машин, таких как универсальные одноковшовые экскаваторы, погрузчики, предлагается многоконтурная гидросистема с замкнутыми потоками рабочей жидкости на базе многопозиционного крана управления.

Вариант исполнения предлагаемой гидросистемы рассмотрен на примере гидропривода рабочего оборудования универсального одноковшового экскаватора (рис. 1а).

Многоконтурный объемный гидропривод с замкнутыми потоками рабочей жидкости включает: регулируемый насос 1, реверсивный по потоку, вал которого приводится во вращение от дизельного двигателя 2 (через промежуточные передачи трансмиссии), гидродвигатели 3, 4, 5, 6 (гидроцилиндры стрелы, рукояти и ковша 3, 4, 5, реверсивный гидромотор для поворота платформы 6), десятилинейный пятипозиционный кран управления 7 с распределительным элементом вращательного действия 8, блок контроля расхода и давления рабочей жидкости с системой подпитки 14, гидромотор-дозатор 15, связанный валом с гидромеханическим блоком управления 16, который посредством кинематической связи 17 осуществляет вращение распределительного элемента и по-

ворот люльки насоса посредством гидромеханической связи 18 в автоматическом режиме.

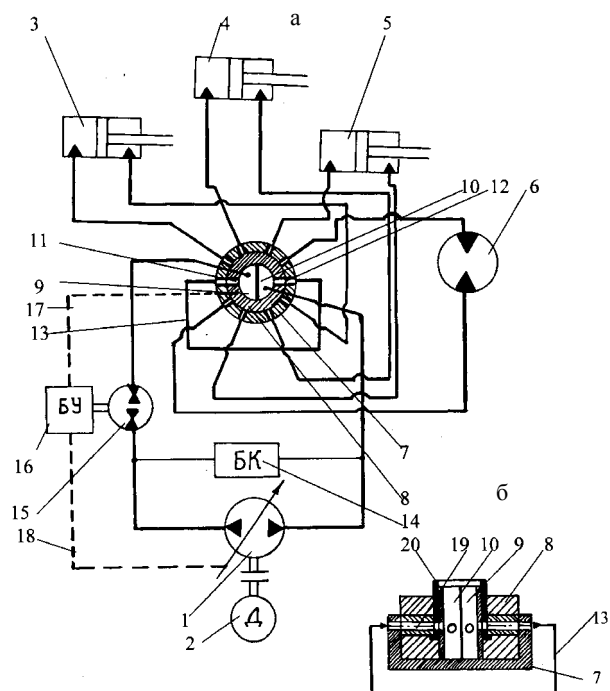


Рис. 1. Гидропривод с замкнутыми потоками рабочей жидкости для строительных и дорожных машин: а – принципиальная гидравлическая схема; б – конструктивная схема крана управления

Краном управления обеспечивается последовательное включение гидродвигателей при повороте распределителя (посредством рычага – при ручном режиме управления; или через кинематическую связь 17 от блока управления гидромотора-дозатора – в автоматическом режиме). Распределитель (рис. 1б) состоит из двух секций – наружной 8 и внутренней 19, вращающихся независимо друг от друга на втулке 20, которая перемещает их в осевом направлении относительно внутренних полостей 9, 10 крана управления. Для переключения распределителя из нейтрального положения в рабочее необходимо сместить его в осевом направлении относительно внутренних камер полостей для разобщения подводящих каналов гидродвигателей с гидролиниями насоса. При осевом смещении наружной секции распределителя ее место занимает внутренняя секция, через каналы которой внутренние полости 9, 10 будут сообщаться с гидролинией 13 холостой работы насоса. При повороте секции распределителя диаметрально-противоположные каналы

11, 12 связывают наружные каналы подключения гидродвигателей, выполненные в корпусе крана управления 7, с внутренними полостями, сообщенными с двумя гидролиниями контура насоса. Остановка гидродвигателей производится установкой наружной секции распределителя 8 в нейтральное положение (соответствующее рис. 1а), при котором совмещаются каналы с гидролинией режима холостого хода, либо осевым смещением распределителя для установки внутренней секции в нейтральное положение (рис. 1б). С целью увеличения производительности при помощи двух секций 8 и 19 распределителя возможно совмещение двух операций технологического цикла.

Гидромотор-дозатор измеряет объем рабочей жидкости, проходящей в контуре каждого гидродвигателя, последовательно подключаемого к насосу посредством крана управления, и передает механические сигналы через выходной вал в блок управления, где посредством элементов гидроавтоматики ведутся отсчет и преобразование поданных сигналов в сигналы управления через кинематическую связь к распределителю для переключения его по заданному алгоритму в автоматическом режиме. Реверсивное движение гидродвигателей обеспечивается изменением направления потока от насоса. Люлька насоса поворачивается для изменения направления потока рабочей жидкости посредством двух гидроцилиндров (находящихся в корпусе насоса) при помощи рычага в кабине машины, связанного с гидроусилителем насоса, либо в автоматическом режиме – посредством гидролинии управления блока управления 18.

Таким образом в автоматическом режиме управление экскаватором сводится к включению насоса после запуска дизельного двигателя и повороту наружной секции распределителя 8 из нейтрального положения режима холостого хода в первое рабочее положение, связывающее контур гидроцилиндра с насосом. При соответствующей настройке блока управления дальнейшие переключения крана управления и насоса для реверсирования потоков будут осуществляться в соответствии с алгоритмом технологического цикла экскаватора: опускание стрелы экскаватора в забой – гидроцилиндром 3, поворот рукояти экскаватора для забора грунта ковшем – гидроцилиндром 4, поворот ковша для завершения операции копания – гидроцилиндром 5, изменение направления по-

тока в насосе для включения гидроцилиндра 3 стрелы на подъем рабочего оборудования, поворот платформы – гидромотором 6, выдвижение рукояти – гидроцилиндром 4 и поворот ковша – гидроцилиндром 5 для выгрузки, переключение направления потока в насосе для возвращения платформы в исходное положение – гидромотором.

Предлагаемое техническое решение позволяет производить управление строительной машиной дистанционно, что освобождает оператора от влияния вибрации движущихся частей машины, шума и запыленности окружающего воздуха.

## ВЫВОДЫ

1. Применение системы с замкнутыми потоками рабочей жидкости для рабочего оборудования машины на базе регулируемого, реверсивного по потоку насоса и крана управления обеспечивает уменьшение числа распределительных гидроаппаратов и рычагов управления гидроприводом.

2. Отсутствие основного гидробака и уменьшение числа распределительных гидроаппаратов в системе с замкнутыми потоками рабочей жидкости обуславливают снижение массы и габаритов строительных и дорожных машин, экономию большого объема конструкционных материалов при их изготовлении и дорогостоящей рабочей жидкости во время эксплуатации.

3. Усовершенствованный гидропривод обеспечивает лучшую защищенность автоматической системы от пыли и грязи, что повышает безопасность и безотказность ее работы, улучшает технологическую приспособленность к различным условиям строительства, увеличивает срок службы машин.

4. Возможность автоматизации усовершенствованного гидропривода до уровня дистанционного управления за счет применения крана управления, гидромотора-дозатора и других устройств гидроавтоматики значительно улучшает условия эксплуатации, повышает производительность и конкурентоспособность строительных и дорожных машин.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Савин, И. Ф. Гидравлический привод строительных машин / И. Ф. Савин. – М.: Стройиздат, 1974. – 240 с.

Поступила 21.11.2006