

УДК 622.72

**Ю.А. Лагунова**, д-р техн. наук, доц.,**Е.С. Суслина**, аспирант

Уральский государственный горный университет

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ДРОБИЛЬНО-РАЗМОЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИДРОПРИВОДА**

*Рассмотрен вопрос применения гидропривода в конструкциях дробильно-размольного оборудования, показано повышение эффективности работы оборудования.*

**дробильно-размольное оборудование, конусные и щековые дробилки, гидропривод, конструкции, расчетные зависимости**

### ***Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.***

Автоматизация технологических процессов в современном горно-промышленном производстве является непростой технической задачей и требует интегрирования в единой установке нескольких систем с различными энергоносителями. В соответствии с функциональным назначением технические системы делят на системы управления – системы, которые применяются для управления различными горными машинами, и системы, обеспечивающие рабочий процесс этих объектов (системы смазки, охлаждения, противоаварийной защиты, топливные, системы пожаро/газобезопасности и др.).

***Анализ исследований и публикаций.*** Системы управления, в состав которых входит комплекс устройств, предназначенных для получения усилий и перемещений в машинах и механизмах, называют приводами. В зависимости от используемого энергоносителя различают электро-, пневмо- и гидроприводы. Область применения того или иного привода обусловлена их достоинствами и недостатками (табл. 1) /1/. В работе /2/ приведены конструктивные особенности гидроприводных систем. В работе /3/ рассмотрены особенности гидропривода конусных дробилок.

***Постановка задачи.*** Настоящая статья является продолжением указанных работ. Целью данного исследования является изучение рабочей характеристики предохранительного и обратного клапанов с учетом максимальных и номинальных нагрузок на рабочем органе при дроблении.

**Изложение материала и результаты.** Ряд существенных преимуществ гидроприводов перед другими типами приводов послужил основанием для широкого их применения в дробильно-размольном оборудовании.

Таблица 1

Критерий	Электроприводы	Гидроприводы	Пневмоприводы
Затраты на энергосбережение	Низкие	Высокие	Очень высокие
Передача энергии	На неограниченное расстояние со скоростью света $c = 300\,000$ км/с	На расстоянии до 100 м, скорость - до 6 м/с, передача сигналов - до 100 м/с	На расстоянии до 1000 м, скорость - до 40 м/с, передача сигналов - до 40 м/с
Накопление энергии	Затруднено	Ограничено	Легко осуществимо
Линейное перемещение	Затруднительно, дорого, малые усилия	Просто, большие усилия, хорошее регулирование скорости	Просто небольшие усилия, скорость зависит от нагрузки
Вращательное движение	Просто, высокая мощность	Просто, высокий крутящий момент, невысокая частота вращения, широкий диапазон регулирования	Просто, невысокий крутящий момент, высокая частота вращения
Рабочая скорость исполнительного механизма	Зависит от конкретных условий	До 1,5 м/с	1,5 м/с и выше
Усилия	Большие усилия, не допускаются перегрузки	Усилия до 3 000 кН и выше, защищены от перегрузок	Усилия до 30 кН, защищены от перегрузок
Точность позиционирования	$\pm 1$ мкм и выше	До $\pm 1$ мкм	До 0,1 мм
Жесткость	Высокая (используются механические промежуточные элементы)	Высокая (гидравлические масла практически несжимаемы)	Низкая (воздух сжимаем)
Утечки	Нет	Создают загрязнения	Нет вреда, кроме потерь энергии
Влияние окружающей среды	Нечувствительны к изменениям температуры	Чувствительны к изменениям температуры, пожароопасный при наличии утечек	Практически нечувствительны к изменениям температуры, взрывобезопасны

Основным достоинством гидроприводов является возможность получения больших усилий и мощностей при ограниченных размерах силовых исполнительных двигателей, что облегчает компоновку гидроприводов в механизмах. Благодаря малой инерционности подвиж-

ных частей гидроприводы имеют высокое быстродействие – время их разгона и торможения не превышает обычно нескольких сотых долей секунды. Важным достоинством гидроприводов является возможность работы в динамических режимах при частых включениях, остановках, реверсах движения или изменениях скорости.

Гидроприводы при условии хорошей плавности движения обеспечивают широкий диапазон бесступенчатого регулирования скорости исполнительных механизмов, надежно защищают систему от перегрузки.

Наряду с указанными выше преимуществами, гидроприводы имеют и недостатки, которые ограничивают область их использования. Так, при течении минерального масла по трубопроводам и каналам гидросистемы возникают потери на трение и утечки, снижающие КПД гидропривода и вызывающие нагрев рабочей жидкости, насосной установки и гидроагрегатов.

Гидравлические системы в современном оборудовании применяются не только для управления механизмами, но и для обеспечения нормального выполнения основного технологического процесса.

#### *Применение гидропривода в конусных дробилках.*

К гидроприводу конусных дробилок относятся гидравлическая система регулирования разгрузочной щели и гидравлические устройства для механизации монтажных и вспомогательных работ.

Регулирование разгрузочной щели дробилок крупного и редуционного дробления производится путем подъема или опускания дробящего конуса с помощью гидроцилиндра, приводимого в движение гидроагрегата (рис. 1) /2/.

При подъеме конуса на максимальную высоту плунжер гидроцилиндра доходит до отверстия, выполненного в корпусе цилиндра, открывает его и соединяет поршневую полость цилиндра с отводом в распределительной плите гидроагрегата, и жидкость из под поршня уходит в линию, ведущую к баку, но перекрытую вентилем ВНЗ. Давление в линии будет повышаться, и, когда достигнет величины настройки реле давления РД2, установленного в этой линии, реле сработает и даст сигнал на отключение электромагнита ЭМ1 гидро-распределителя.

Во избежание переподъема конуса величина настройки реле не должна превышать величину давления, необходимую для подъема конуса незагруженной дробилки, которая уточняется при эксплуатации.

В линии нагнетания до гидрораспределителя установлен клапан предохранительный КП, настроенный на рабочее давление 10 МПа, предохраняющий насос от перегрузок при неисправном гидрораспределителе и всю часть гидросистемы, связанную с поршневой полостью гидроцилиндра при работающем гидрораспределителе.

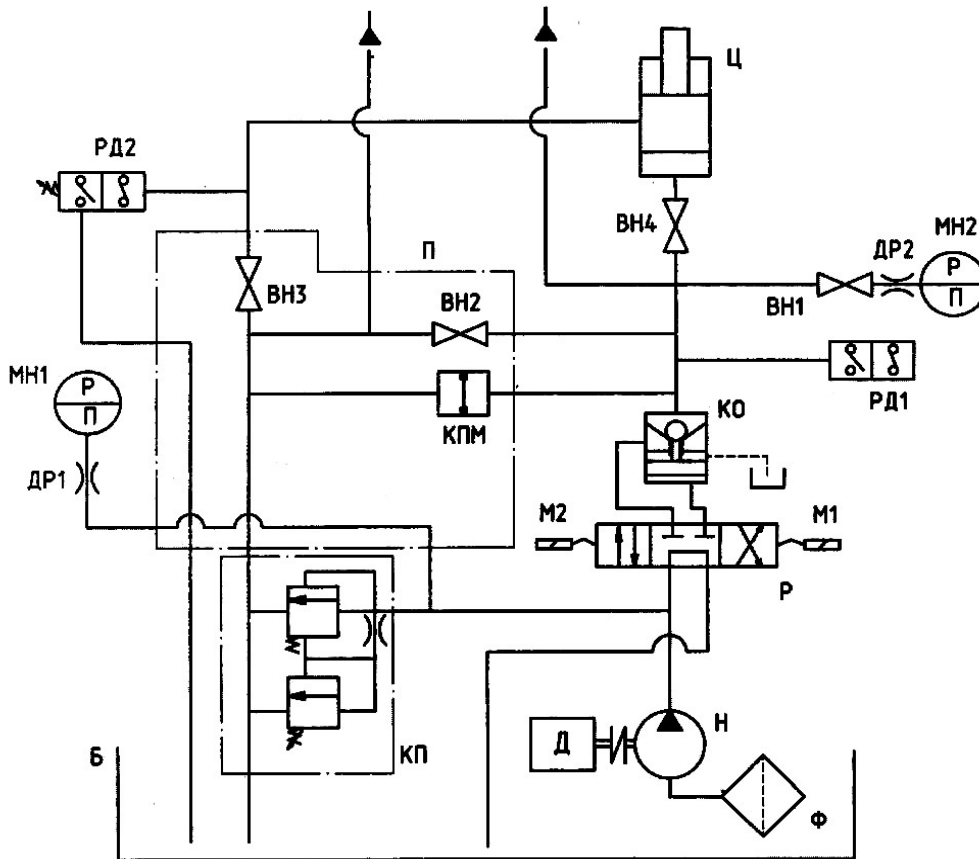


Рисунок 1. Схема гидравлическая принципиальная гидроагрегата ККД:

Б – бак; ВН – вентиль; ДР – дроссель; Д – двигатель; МН – манометр; КОУ – клапан обратный управляемый (гидрозамок); КПМ – клапан предохранительный мембранный; Р – гидрораспределитель; ЭМ – электромагнит; КП – клапан предохранительный; Ф – фильтр сетчатый; П – гидроплита; Н – насос пластинчатый; Ц - гидроцилиндр

Для защиты узлов дробилки от попадания в камеру дробления недробимого тела введены реле давления и предохранительный мембранный клапан. При попадании в камеру дробления недробимого тела происходит резкое повышение давления в гидроцилиндре, что приводит к срабатыванию реле давления, установленного за гидрозамок на линии подачи жидкости в гидроцилиндр. Величина настройки реле 15 МПа. В случае дальнейшего повышения давления выше допустимого (25 МПа) происходит разрыв мембраны предохранительного клапана, и жидкость поступает на слив.

Гидроагрегат может быть использован при монтаже дробилки для подъема и опускания гидроцилиндра системы регулирования разгрузочной щели с помощью гидродомкратов, встроенных в тележку с подъемной платформой, для монтажных работ в распределительной плите гидроагрегата предусмотрены отводы, которые соединяются с гидродомкратами тележки рукавами высокого давления.

В дробилках среднего и мелкого дробления (1750, 2200 и 3000) регулирование разгрузочной щели производится с помощью механизмов фиксации и поворота регулирующего кольца (рис. 2). Осевая фиксация регулирующего кольца производится путем вытяжки его предварительно сжатыми винтовыми пружинами, установленными на фланце резьбового кольца. Снятие фиксирующего усилия перед регулированием щели осуществляется гидроцилиндром, и, дополнительно

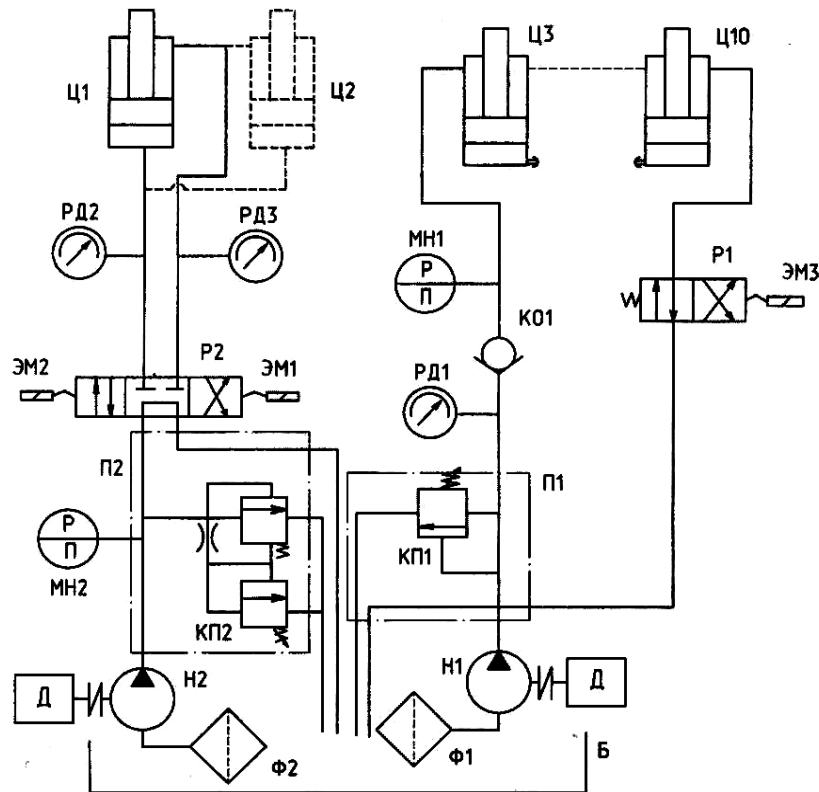


Рисунок 2. Схема гидравлическая принципиальная гидроагрегата КСД-КМД

сжимающими пружинами. Механизм поворота выполнен в виде одного или двух гидроцилиндров с толкателями. Восемь гидродомкратов механизма фиксации регулирующего кольца и два гидроцилиндра поворота, штоки которых взаимодействуют с храповым механизмом, поворачивающим регулирующее кольцо, приводятся в действие гидроагрегатом.

Насосная установка привода средств механизации обслуживания используется для освобождения дробилки от недробимого тела с помощью гидродомкратов. У дробилок 2200 и 3000 насосная установка может быть использована также для привода приспособления затяжки броней дробящего конуса.

Слабое звено в гидросистеме – обратный клапан, который при работе дробилки часто не выдерживает перегрузок от повышения давления в системе. Исполнительный механизм гидросистемы регулирования выходной щели расположен под валом подвижного конуса. Вал конуса опирается на пест, вмонтированный в плунжер гидравлического цилиндра. Пест должен иметь твердость после закалки HRC 40-50. Чистота обработки рабочих поверхностей деталей исполнительного механизма должна быть не ниже 7 квалитета.

При правильной сборке во время работы дробилки пест, покачиваясь в разные стороны, отклоняется от оси дробилки на угол  $2^\circ$  с вершиной в точке контакта песта с главным валом. Паспортному значению величины выходной щели при новых футеровочных плитах соответствует высота масляной «подушки» 70...105 мм в зависимости от размеров дробилки.

Важное значение для нормального функционирования гидропривода машины, его экономичности и долговечности имеет выбор давления настройки предохранительного клапана  $p_{ПК}$ , соотношение величины этого давления с номинальным давлением  $p_{НОМ}$  в системе и согласованность этих параметров с паспортными характеристиками применяемого гидрооборудования. Под  $p_{НОМ}$  понимается давление в гидросистеме, соответствующее номинальным значениям нагрузки и скорости рабочего органа. За номинальную нагрузку принимается момент или усилие, действующее наибольшее время в рабочем цикле.

Малое превышение давления настройки над номинальным давлением ( $p_{ПК} < 1,05 p_{НОМ}$ ) даже при незначительных колебаниях нагрузки приводит к частому срабатыванию предохранительного клапана и перепусканию рабочей жидкости на слив, что нарушает устойчивую работу гидропривода, вызывает неравномерное движение и даже остановки рабочего органа машины.

Чрезмерное же превышение  $p_{ПК}$  над  $p_{НОМ}$  нецелесообразно, поскольку ведет к необходимости повышения прочности деталей и узлов машины, а также может приводить к периодической работе привода при давлениях, существенно превосходящих номинальное.

Работа гидропривода многих горных машин характеризуется тяжелыми режимами с резко изменяющимися внешними нагрузками, вызывающими значительные колебания давления в системе. Во избежание частых остановок рабочих органов гидропривод таких машин должен иметь достаточную перегрузочную способность по моменту (усилию), что обычно обеспечивается соответствующей регулировкой предохранительного клапана, настраиваемого на давление  $p_{пк}=(1,5\dots 2)p_{ном}$ . Вместе с тем, установление необоснованно высоких отношений  $p_{пк}/p_{ном}$  обуславливает недогруженность привода при номинальных нагрузках или работу его при давлениях, выше паспортных, что может вызвать снижение долговечности гидропривода.

Предлагаем [3] определять оптимальное давление настройки предохранительного клапана расчетным путем

$$p_{пк} = K\Delta p_{нагр} + \sum \Delta p,$$

где  $\Delta p_{нагр}$  – перепад давления на гидродвигателе, соответствующий номинальной нагрузке на рабочем органе;

$K = F_{max} / F_{ном}$  – коэффициент запаса по давлению, характеризующий перегрузочную способность привода по моменту (усилию);

$F_{max}, F_{ном}$  – максимальная и номинальная нагрузки на рабочем органе по циклограмме;

$\sum \Delta p$  – суммарные потери давления в сети и элементах гидросистемы.

При определении  $\sum \Delta p$  следует принимать наибольшие значения потерь давления в трубопроводах и других элементах системы, соответствующие нижнему пределу температурного режима работы привода, наибольшей засоренности фильтра и т.д.

Перепад давления  $\Delta p_{нагр}$  определяется

$$\Delta p_{нагр} = p_n - \sum \Delta p,$$

где  $p_n$  – рабочее давление насоса.

Коэффициент  $K$  следует устанавливать исходя из анализа циклограммы рабочего режима машины.

Важным параметром для определения абсолютной величины давления настройки предохранительного клапана является продолжительность работы привода при этом давлении. Известно, что долговечность гидромашин зависит от давления в системе. Так, работа гидропривода при постоянном давлении, равном  $1,75 p_{пас}$  ( $p_{пас}$  – паспортное номинальное давление гидромашин), приводит к снижению долговечности гидромашин в пять раз, работа же привода при давле-

нии  $0,7 p_{\text{нас}}$  увеличивает их долговечность в четыре раза. Поэтому при расчете необходимо определить продолжительность работы гидропривода при давлении настройки предохранительного клапана, а также давлениях, превышающих номинальное значение.

*Щековая дробилка производства МК «Уралмаш»*

Дробилку ШДП-15х21У оснащают системой дистанционного регулирования разгрузочной щели (рис. 3, 4), которая состоит из следующих составных частей: два регулировочных самотормозящихся клина; два гидроцилиндра с измерителями перемещения штока; гидроагрегат с пультом местного управления.

Рабочее усилие для перемещения клиньев создается гидроцилиндрами двойного действия, привод которых осуществляется от гидроагрегата. В системе используется эффект самоторможения клиньев, а в штоки гидроцилиндров встроены стержневые измерители перемещения, отслеживающие перемещение штока. Индикация перемещения штока и изменения ширины разгрузочной щели отражается на пульте управления дробилкой.

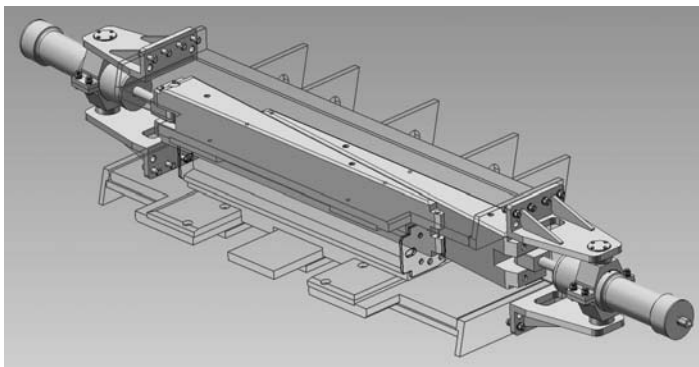


Рисунок 3. Система дистанционного регулирования выходной щели

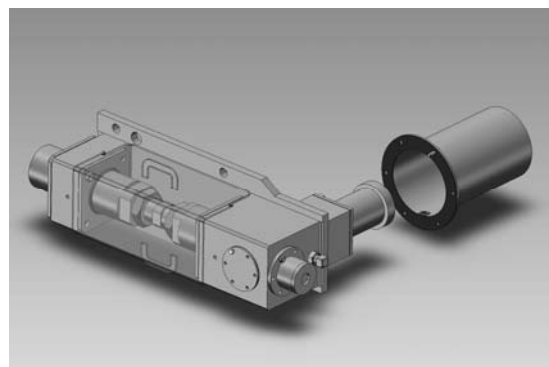


Рисунок 4. Фиксатор подвижной щеки

***Выводы и направления дальнейших исследований.*** Применение гидропривода обеспечит повышение производительности и эффективности работы дробильно-размольного оборудования, в частности, конусных и щековых дробилок различного исполнения. Именно гидропривод позволяет увязать все системы машины в единое целое и является основой для полной автоматизации процесса дробления.

Список источников:

1. Наземцев А.С., Рыбальченко Д.Е. Пневматические и гидравлические приводы и системы. Часть 2. Гидравлические приводы и системы. Основы. Учебное пособие. – М.: Форум, 2007. – 304 с.
2. Горное оборудование Уралмашзавода / Коллектив авторов. Под. ред. Г.Х.Бойко. – Екатеринбург: Уральский рабочий, 2003. – 204 с.



3. Лагунова Ю.А., Суслина Е.С. Особенности гидропривода конусных дробилок / Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сборник докладов VIII международной научно-технической конференции «Чтения памяти В. Р. Кубачека». – Екатеринбург: Уральский гос. горн. университет, 2010. – С.208-212.

**Ю.А.Лагунова, О.С.Суслина.** Підвищення ефективності роботи дробильно-розмеленого устаткування із застосуванням гідроприводу. Розглянуто питання застосування гідроприводу в конструкціях дробильно-розмеленого устаткування, показано підвищення ефективності роботи устаткування дробильно-розмеленого устаткування, конусні й щоківні дробарки, гідропривід, конструкції, розрахункові залежності

**Yu.A.Lagunova, E.S.Suslina,** Improving the efficiency of milling equipment with using hydraulic. There are shown application of hydraulic in milling equipment construction and efficiency equipment.  
**milling equipment, cone and jaw crusher, hydraulic, construction, calculating according**

*Стаття надійшла до редколегії 12.07.2010*

*Рецензент: д-р техн. наук, проф. Л.С.Ушаков*

© Ю.А.Лагунова, Е.С.Суслина, 2010