

УДК 621926.3

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ АМОРТИЗИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ДВУХВАЛКОВЫХ ЗУБЧАТЫХ ДРОБИЛОК

Кондрахин В. П., зав. кафедрой ТСЛ ГОУВПО «ДОННТУ», д.т.н., проф.,

Букин С. Л., проф. каф. ОПИ ГОУВПО «ДОННТУ», к.т.н., доцент,

Березин А. А., студент группы ЭМОдус-15 ГОУВПО «ДОННТУ».

эл. адрес: s.bukin08@gmail.com

Аннотация. Рассмотрены конструкции амортизирующих устройств двухвалковых зубчатых дробилок. Установлена перспективность применения устройств гидропневматического типа. Приведены гидравлические схемы, позволяющие предохранить дробилку при попадании недробимого предмета, а также оперативно регулировать степень дробления.

Ключевые слова: дробилка, два валка, амортизирующее устройство, гидропневматический тип, предохранение, поломка, регулирование, степень дробления.

Annotation. Designs of shock-absorbing devices two-roller gear crushers are considered. The prospects using devices of hydropneumatic type are established. Hydraulic circuits are provided to protect the crusher when it hits an uncrushable item, as well as to quickly regulate the degree of crushing.

Keywords: crusher, two rolls, shock-absorbing device, hydropneumatic type, protection, breakage, regulation, degree of crushing.

Валковые дробилки широко применяются для дробления угля, руд, строительного камня и т.п., вращающимися навстречу друг другу валками (двух- и многовалковые дробилки) или вращающимися валками и неподвижной щекой (одновалковые дробилки). Впервые валковая дробилка изготовлена в 1806 году в Великобритании и применена для дробления медных руд на руднике "Краундейд".

Использование валков с разной рабочей поверхностью - гладкой, рифлёной или зубчатой, диктуется физико-механическими свойствами дробимого материала, а также технологическим назначением продукта дробления. Дробилки с гладкими и рифлёными валками обычно применяют для дробления материалов средней прочности (до 150 МПа); дробилки с зубчатыми валками применяют для дробления каменного угля и других материалов малой прочности (до 80 МПа). В угольной промышленности двухвалковые зубчатые дробилки получили наибольшее распространение.

В Донбассе на Ясиноватском машиностроительном заводе более 60 лет выпускаются зубчатые двухвалковые дробилки типа ДДЗ с валками диаметром от 400 до 1600 мм. Другим крупнейшим производителем валковых дробилок является АО «Новокраматорский машиностроительный завод», освоивший выпуск высокопроизводительных двухвалковых зубчатых дробилок ДДЗ-1500×1200, ДДЗ-2000, дробилок с гладкими валками ДГ-1000×600 и шнекозубчатых дробилок ДШЗ-500/50, ДШЗ-500/140, ДШЗ-1000/320, ДШЗ-1000/320-1. Эти дробилки позволяют перерабатывать материалы с размерами куска от 200 до 1800 мм и производительностью от 65 до 2200 м³/ч.

На рис. 1 представлена двухвалковая зубчатая дробилка, предназначенная для крупного и среднего дробления хрупких и малопрочных материалов (уголь, кокс, соль и т. п.) [1].

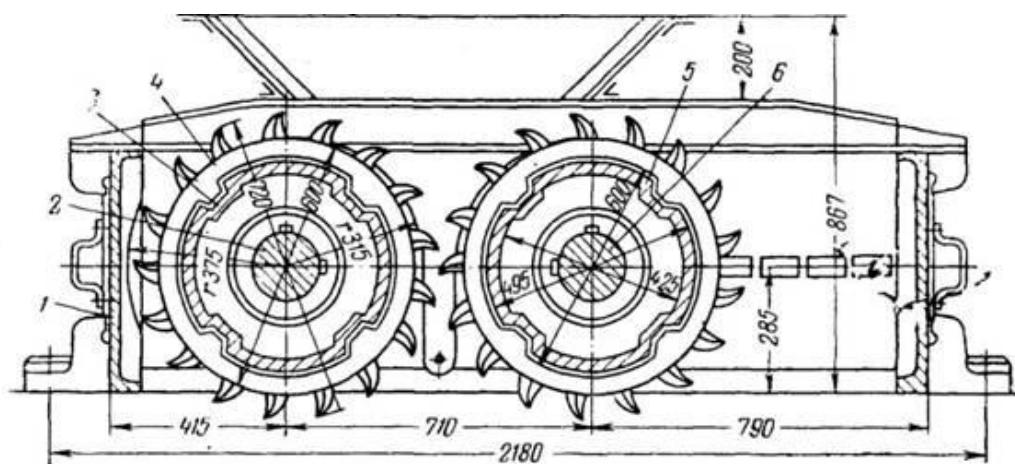
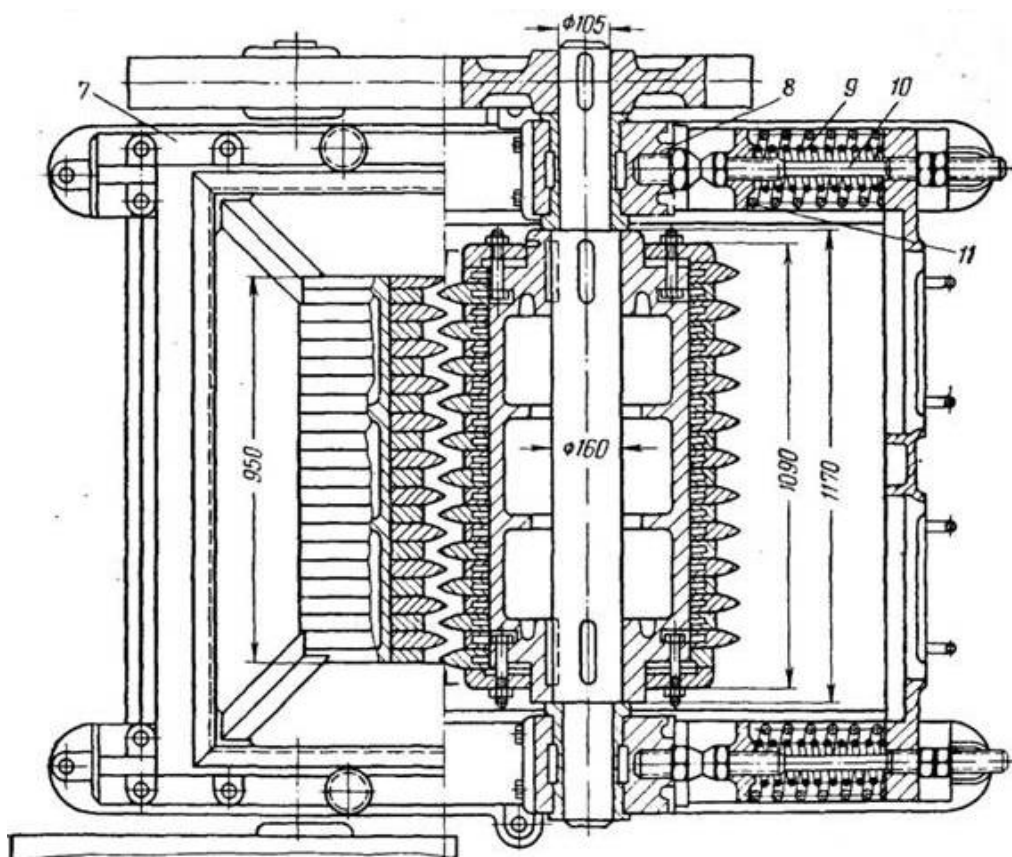


Рисунок 1 - Двухвалковая зубчатая дробилка



Продолжение рисунка 1 - Двухвалковая зубчатая дробилка:

1 - рама; 2 - ось скользящего валка; 3 - скользящий валок; 4 - зубчатые кольца; 5 - скользящий валок, 6 - ось скользящего валка; 7 - неподвижный подшипник; 8 - скользящий подшипник; 9 - пружина; 10 - направляющая шпилька; 11 - опорная тарелка.

Рабочими элементами зубчатовалковых дробилок являются зубчатые сегменты, установленные на валки. В двухвалковой дробилке подлежащий дроблению материал попадает между зубьями вращающихся навстречу друг другу валков и раскалывается. Один из валков (подвижный), корпуса подшипников которого установлены в направляющих, может изменять размер щели. Это необходимо для защиты дробилки от поломок при попадании между валками тел, не поддающихся дроблению и регулировании крупности дроблёного продукта. При попадании таких предметов в дробилку валки разойдутся, сжав амортизирующие пружины, и предмет пройдет между ними, не причинив машине серьёзных повреждений. Устройство амортизирующее предназначено для поджатая

валка подвижного к неподвижному, а также обеспечивает возможность регулировки расстояния между валками.

В качестве амортизирующего устройства широко используются цилиндрические стальные пружины (рис. 2 а, б). Чаще всего подпружинивается один валок (рис. 2 а), хотя известны конструкции дробилок, в которых оба валка подвижные и подпружиненные (рис. 2 б).

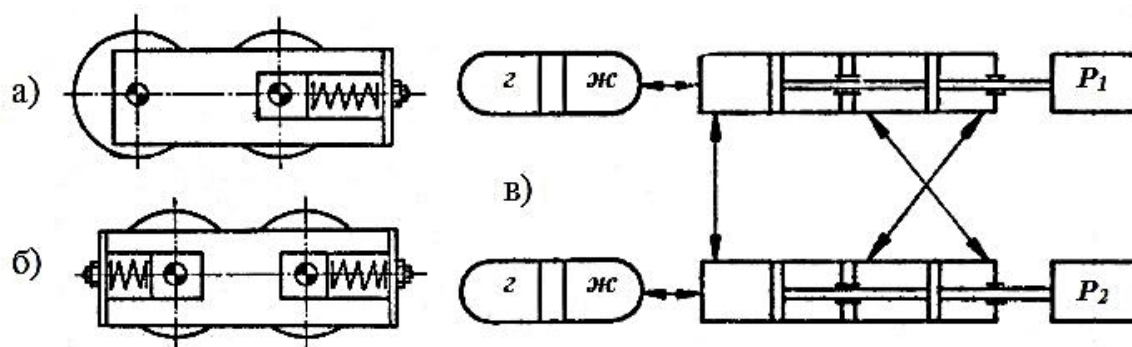


Рисунок 2 – Основные типы амортизирующих устройств:

а, б – пружинные; в – газо-гидравлические

Первоначально конструкция амортизирующего устройства двухвалковых зубчатых дробилок состояла из одной или нескольких (их число доходило до девяти в одном блоке) стальных цилиндрических пружин с каждой стороны. Однако при эксплуатации дробилок с такими амортизирующими устройствами было установлено, что при работе дробилки возможен перекося вал подвижного валка по причине либо неодинаковой жёсткости пружин, либо односторонней (не по центру) загрузки питания дробилки. Перекося валка ухудшает технологические показатели дробилки, повышает расход мощности и может привести к поломкам.

Для избежания перекося подвижного валка предпринималась попытка соединить корпуса подшипников подвижного валка одним коромыслом с установкой общей амортизирующей пружины. Однако этот вариант амортизирую-

щего устройства не получил развития из-за существенного увеличения массы дробилки.

В серийно выпускаемых в 60-х годах прошлого века дробилках ДДЗ-1М, ДДЗ-2М и ДДЗ-4М (рис. 3) наибольший ход подвижного валка соответственно составлял 40, 55 и 60 мм, что было недостаточно для обеспечения надёжной работы машины.

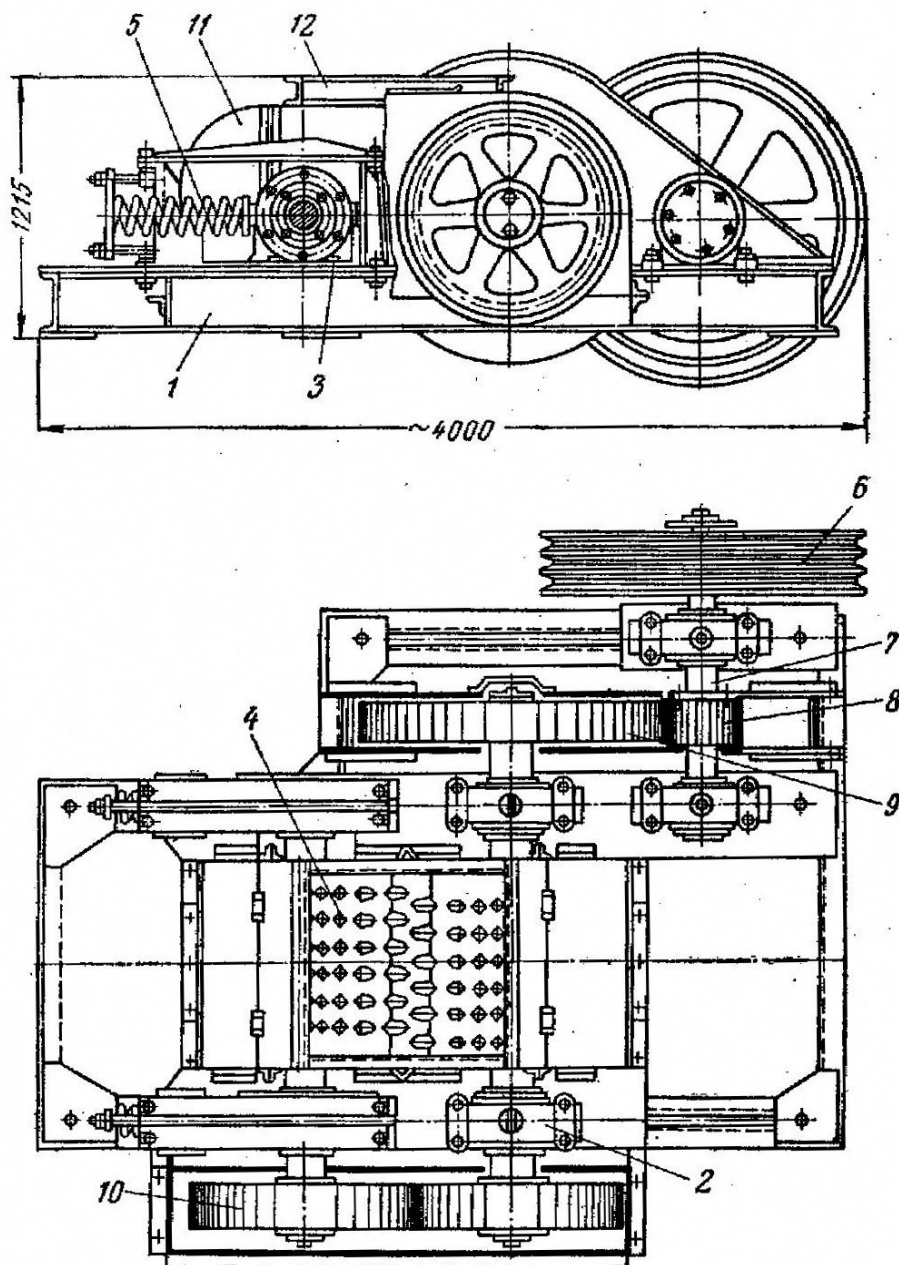


Рисунок 3 – Дробилка двухвалковая зубчатая ДДЗ-4 [2]:

1 – рама; 2, 3 – корпус подшипника; 4 – валок; 5 – пружина; 6 – шкив; 7 – вал; 8 – шестерня; 9 – колесо; 10 – синхронизатор; 11 – кожух; 12 – воронка

Основной причиной такого небольшого хода объяснялось тем, что для каждой дробилки величина хода принималась такой, чтобы при наибольшем зазоре между валками зубчатое колесо привода вращения подвижного валка не вышло из зацепления. Вызвано это конструкцией синхронизатора вращения валков в качестве которого применялись зубчатые колёса с увеличенной длиной зуба. Поэтому, если хода было недостаточно для пропуска недробимого куска и он заклинивается между валками, то срезалась предохранительная шпилька, установленная в ступице шкива-маховика. Во избежание перегрузки пружин при заклинивании валков ход подвижных подшипников ограничен специальным упором, имеющимся в станине отжимного устройства.

В дальнейшем амортизирующие устройства двухвалковых дробилок, как и конструкции синхронизатора, непрерывно совершенствовались. На рис. 3 приведен один из вариантов амортизирующего устройства, используемый в дробилке типа ДДЗ с увеличенным ходом подвижного валка.

Цилиндрические стальные пружины использовались в амортизирующих устройствах двухвалковых дробилок типа ДДЗ или ДДЗЭ-9×9, но в ряде дробилок (некоторые модификации дробилок ДДЗ, ДДЗЭ-15×12 и др.) применялись тарельчатые пружины [3]. Так, в дробилках типа ДДЗ 70-х годов прошлого века амортизирующее устройство (рис. 4) [4, 5] включало в себя две тяги 12, один конец которых устанавливался на корпусе 13 подшипника подвижного валка, а второй конец снабжался зубчатой рейкой 14, находящейся в контакт с зубчатым колесом 15, на оси которого находилась кулачковая муфта 16. В устройстве применялись тарельчатые пружины 17. Параллельное перемещение подвижного валка обеспечивалось двумя звёздочками 18 и цепью 19.

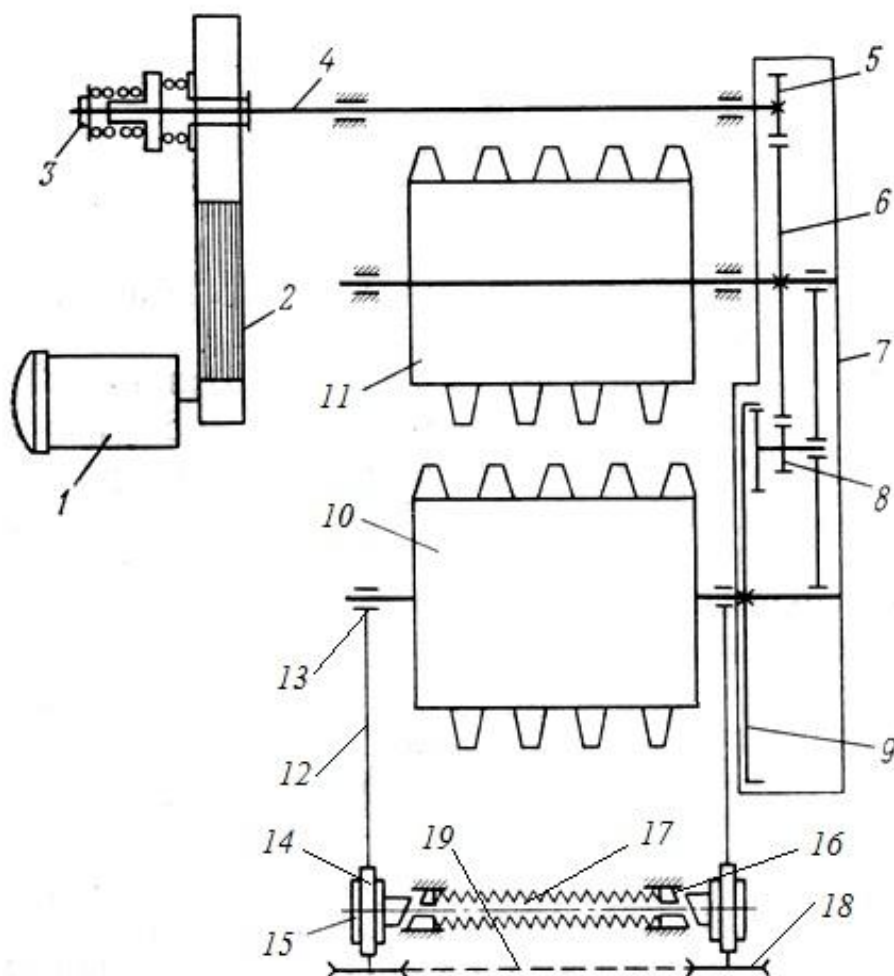


Рисунок 4 – Кинематическая схема дробилки двухвалковой зубчатой ДДЗ:
 1 – электродвигатель; 2 - клиноременная передача; 3 – предохранительная муфта; 4 – вал приводной; 5 – 9 – элементы синхронизатора (передаточного механизма); 10 – валок подвижный; 11 – валок неподвижный; 12 – тяга; 13 – корпус подшипника подвижного валка; 14 - зубчатая рейка; 15 – зубчатое колесо; 16 – кулачковая муфта; 17 – пружина; 18 – звёздочка; 19 - цепь

При попадании между валками недробимого материала срабатывает амортизирующее устройство, и подвижный валок 10 отходит. Корпуса подшипников 13, скользя по круглым направляющим, передвигают рейки 14, которые вращают зубчатые колёса 15 пружинного амортизатора и сжимают пружины 17. Недробимый материал проходит между валками, и пружины 17 возвращают назад весь валок 10. Если же валок 10 отошёл более чем на 200 мм, то

корпус 13 подшипника воздействует на концевой выключатель, установленный на одной из стоек, который выключает электродвигатель. Номинальная величина поджатия пружин 17 амортизатора должна быть 35 мм с каждой стороны. С уменьшением степени поджатия дробилка становится более чувствительной к крупным кускам угля, а также к недробимым предметам [4].

На рисунке 5 приведена современная конструкция амортизирующего устройства дробилки ДДЗ [6].

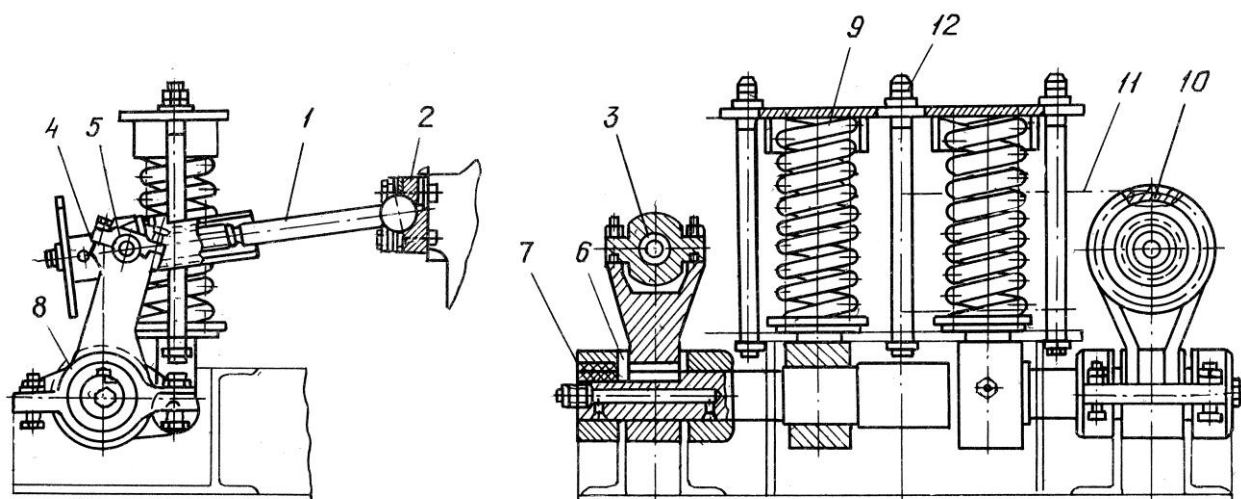


Рисунок 5 – Амортизирующее устройство современных дробилок ДДЗ:

- 1 – винт; 2, 5 – крышка; 3 – цапфа; 4 – рычаг; 6 - планка; 7 – вал;
8 – подшипник; 9 – пружина; 10 – звёздочка; 11 – цепь; 12 - гайка

Устройство амортизирующее включает в себя винт 1, который соединён с одной стороны при помощи крышки 2, с корпусом отклоняющегося валка, с другой – с цапфой 3, установленной на рычаге 4, при помощи крышки 5. Рычаг планкой 6 крепится на валу 7, который установлен в подшипниках 8. Между подшипниками на валу при помощи шпонок закреплены кулачки, соединённые с пружинами 9. На конце винта установлена звёздочка 10, вращением которой осуществляется регулирование размера разгрузочной щели между валками. Одновременно со звёздочкой вращается винт 1, который через крышку 2 перемещает отклоняющийся валок. Параллельное перемещение отклоняющегося

валка обеспечивается тем, что звёздочки 10 соединены между собой цепью 11. Предварительное поджатие пружин 9 осуществляется при помощи гаек 12.

К достоинствам пружинных амортизаторов можно отнести:

- конструктивную простоту;
- способность выдержать огромные нагрузки;
- слабое влияние среды на работу амортизаторов.

Однако из-за больших усилий (5...10 кН на 1 см валка) пружинные блоки механических амортизирующих устройств зубчатых дробилок получаются сложными, массивными и громоздкими. Поэтому, все операции по наладке устройства (затяжке пружин, изменению размера щели) становятся достаточно трудоёмкими.

Подводя итог, можно сформировать перечень основных недостатков амортизирующих устройств механического типа:

- резкий неамортизированный возврат валка в исходное положение;
- сложность, громоздкость и массивность устройств;
- трудоемкость операций по затяжке пружин;
- снижение усилия прижатия во времени;
- трудность контроля фактической величины усилия прижатия;
- значительный шум во время работы.

В связи с этим уже во второй половине XX века начались работы по использованию в двухвалковых дробилках вместо стандартных спиральных пружин гидропневматических амортизаторов (рис. 2 в). Эти устройства обычно включали в себя силовые цилиндры и гидропневматические аккумуляторы, объём которых разделён на две полости плавающим поршнем: в одной части находится сжатый инертный газ, в другой — гидравлическая жидкость.

Гидропневматические амортизирующие устройства позволяют быстро регулировать размер выходной щели, в большом диапазоне изменять жёсткость упругого элемента, а также обеспечивать синхронный отход корпусов подшипников подвижного валка при внецентренном прохождении недробимого пред-

мета. Надежно защищая дробилку от поломок, гидропневматическая «пружина» практически не изнашивается.

Применение гидропневматических амортизаторов позволяет устранить большинство из недостатков механических амортизаторов, а также увеличить надёжность валковых дробилок.

Разработано большое количество разнообразных конструкций гидропневматических амортизирующих устройств, среди которых выделим наиболее интересные.

Так, авторы изобретения [7], предложили гидропневматический амортизатор (рис. 6), включающий гидроцилиндры 1 с поршнями 2, крышки 3, гидропневматический аккумулятор 4, дроссельный клапан 5, зубчатые рейки 7 и зубчатые колёса 8, установленные на валу 9. Для обеспечения быстрого и безударного отхода подвижного валка 6 дробилки при попадании недробимого предмета, поршни 2 выполнены с уступами, входящими в соответствующие им выемки крышек гидроцилиндров 1 и образующих при этом замкнутую полость. Дроссель 5 установлен на трубопроводе, соединяющем полости А гидроцилиндров 1 с атмосферой.

При попадании недробимого предмета валок 6 отходит, перемещая поршни 2, которые вытесняют жидкость из гидроцилиндров 1 в аккумулятор 4, заполненный азотом. После прохода недробимого предмета валок 6 быстро возвращается в прежнее положение под действием сжатого азота, который выдавливает жидкость в гидроцилиндры 1. При этом некоторый объём воздуха запирается и сжимается в полости Б между уступами поршней 2 и выемками крышек 3, что предотвращает удар.

В конструкции амортизирующего устройства гидропневматического типа целесообразно объединить предохранительную функцию и возможность регулирования размера щели. На рис. 7 изображена гидравлическая схема двухвалковой дробилки с этими свойствами.

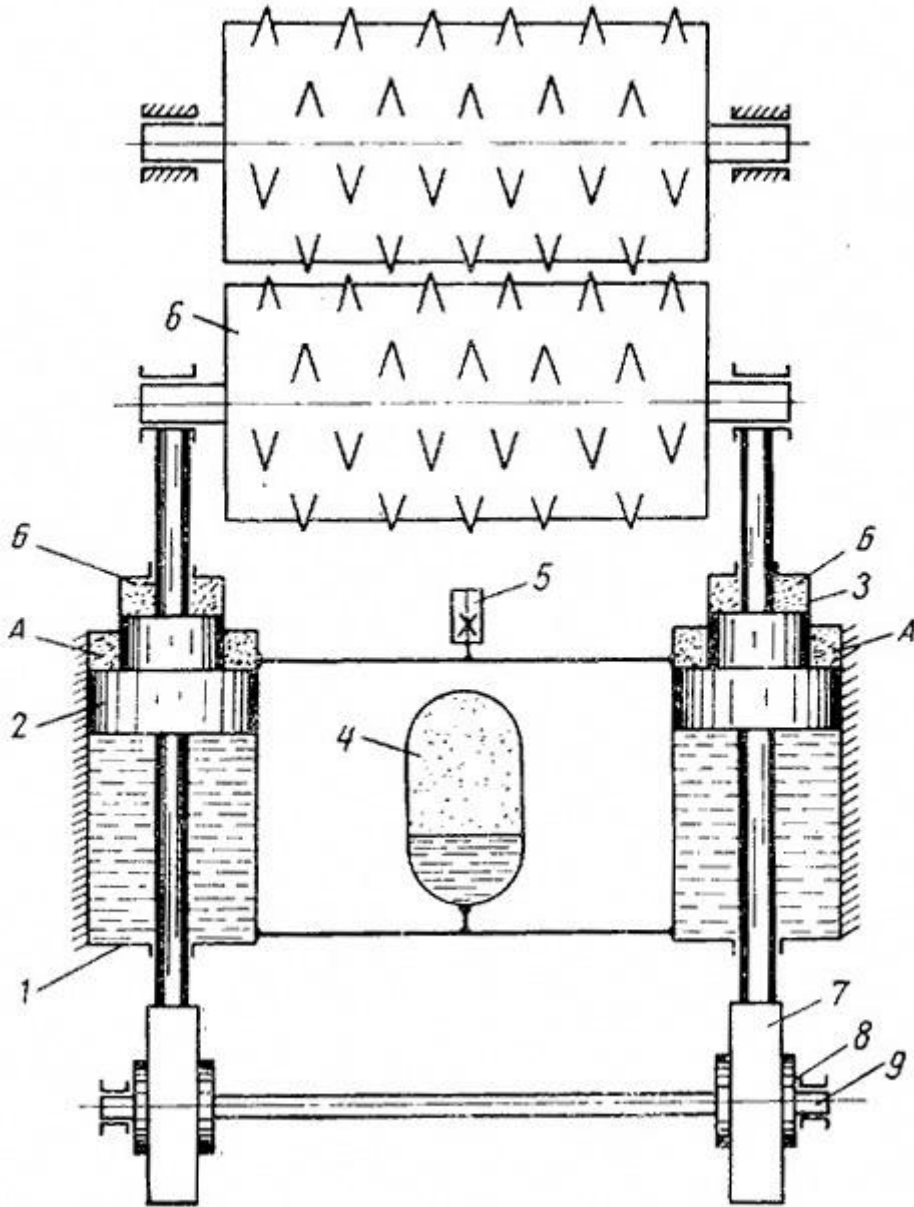


Рисунок 6 - Гидропневматический амортизатор двухвалковой дробилки [7]:
 1 – гидроцилиндр; 2 – поршень; 3 – крышка; 4 – гидропневматический аккумулятор; 5 - дроссельный клапан; 6 - подвижный валок; 7 - зубчатая рейка; 8 -
 зубчатое колесо; 9 – вал

Насос 2 с постоянным направлением потока всасывает жидкость из бака 1 и нагнетает её в гидроцилиндр 5 через распределитель 3 и гидрозамок 4. В позиции А распределителя 3 жидкость поступает в левую полость гидроцилиндра 5, перемещая поршень вправо (расстояние между валками уменьшается). В позиции В распределителя 3 напорная линия соединяется с правой полостью гид-

роцилиндра 5, (расстояние между валками увеличивается). В средней позиции распределителя 3 напорная линия запирается, а оба отвода А и Б соединяются с баком 1, благодаря чему гидрозамок 4 запирает полости гидроцилиндра. Амортизация подвижного валка осуществляется с помощью гидропневматического аккумулятора 6. В случае перегрузки системы, рабочая жидкость сливается через предохранительный клапан 7.

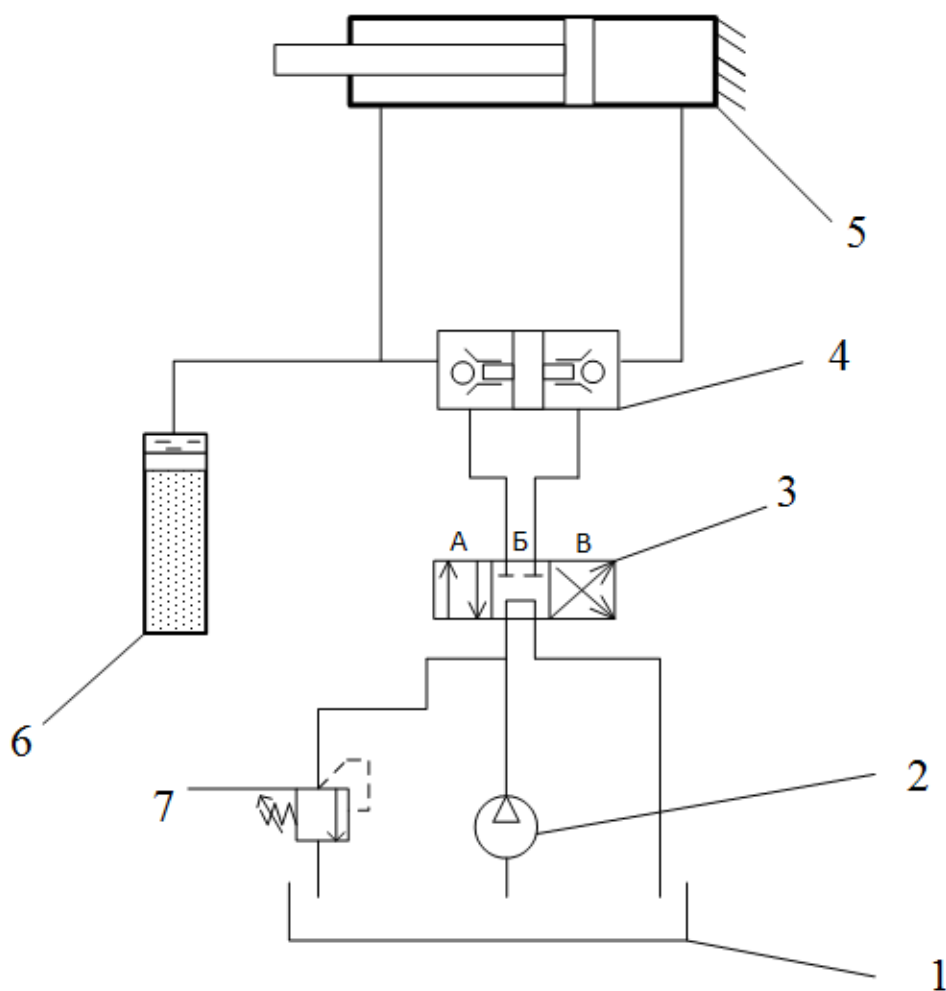


Рисунок 7 - Гидросхема амортизации и регулирования расстояния между валками двухвалковой дробилки

Рассматриваемая схема обеспечивает малозумность работы амортизирующего устройства, установка становится менее габаритной, гидросистема одновременно выполняет амортизирующую функцию и функцию изменения расстояния между валками, сохраняет амортизационную способность.

Данное конструктивное решение значительно повысит надёжность и эффективность использования амортизации валковой дробилки.

В то же время для правильной работы амортизаторов во избежание механических повреждений и перекосов необходимо обеспечить синхронизацию работы обеих гидроцилиндров. На рис. 8 и 9 приведены два варианта синхронизации работы гидроцилиндров [8].

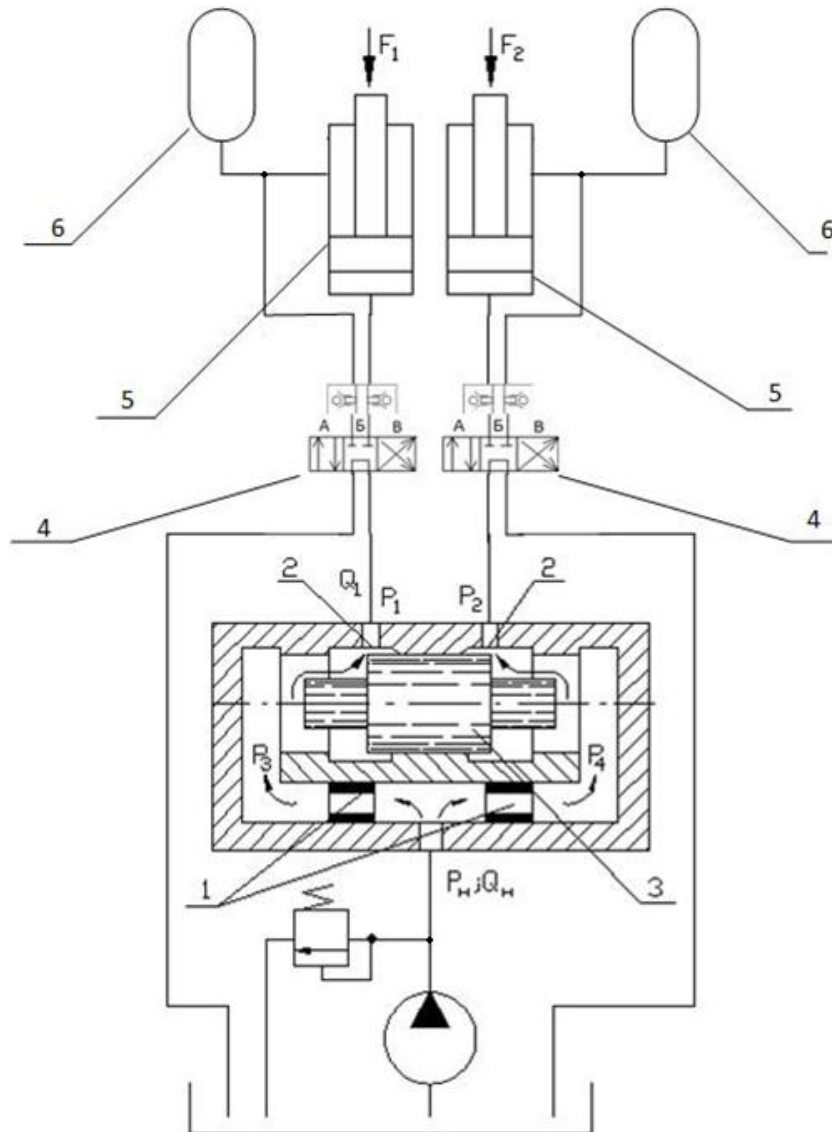


Рисунок 8 - Схема синхронизации с применением дроссельного делителя потока: 1 - балансные гидродроссели; 2 - регулируемые гидродроссели; 3 - плунжер; 4 - гидрораспределители; 5 - гидроцилиндры; 6 - аккумуляторы

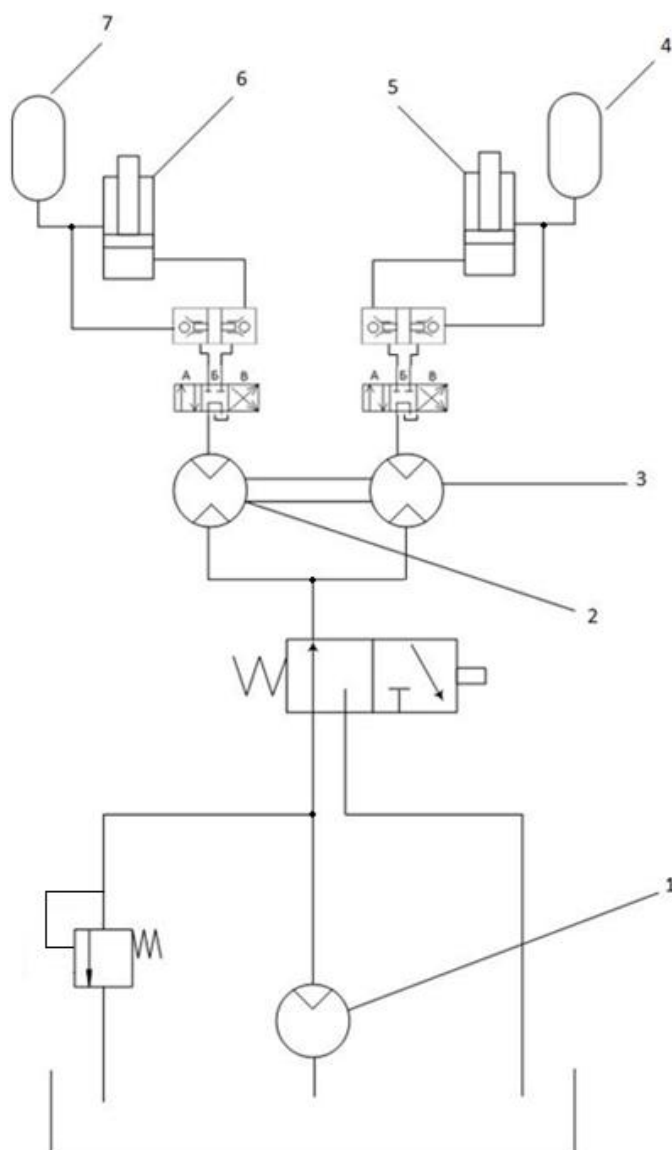


Рисунок 9 - Схема синхронизации с двумя роторными гидромашинами:

1- насос; 2, 3 – роторные гидромашины; 4, 7 – гидропневматический аккумулятор; 5, 6 – гидроцилиндры

Рассмотренные способы синхронизации обладают следующими свойствами:

- в случае с применением роторных гидромашин – громоздкость и сложность конструкции, при этом обеспечивая высокую точность синхронизации;
- в случае с применением дроссельного делителя потока – невысокую точность синхронизации при малых габаритах и относительной простоте конструкции.

Вывод: Надёжность и эффективность двухвалковых зубчатых дробилок можно повысить за счет использования гидропневматических амортизационных устройств, совмещающих функции регулирования положения подвижного вала и защиты от перегрузок при попадании недробимых предметов.

Список литературы

1. Сиденко П.М. Измельчение в химической промышленности. – М.: Химия, 1977. – 368 с.
2. Процессы и машины для обогащения полезных ископаемых / В.И. Кармазин, Е.Е. Серго, А.П. Жендринский и др. – М.: Недра, 1974. – 560 с.
3. Машины для дробления и сортировки материалов [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://drobilci.ru/mashiny-dlya-drobleniya-i-sortirovki-materialov/dvuxvalkovye-zubchatye-drobilki/>
4. Эксплуатация и ремонт углеобогачительного оборудования: Справочное пособие / Г.И. Дьяков, А.Т. Литвак, В.С. Тодоров и др. – М.: Недра, 1973. – 400 с.
5. Оборудование для обогащения угля: Справочное пособие / Под ред. Б.Ф. Братченко. – М.: Недра, 1979. – 335 с.
6. Обогачительное оборудование: Альбом. – М.: Недра, 1986. – 286 с.
7. Авторское свидетельство СССР на изобретение №236967. Гидропневматический амортизатор для валковых дробилок с подвижными и неподвижными валками / А.Г. Канатаев, Н.С. Костылев, А.П. Колено и др. // МПК В02С, заявлено 19.09.1967, опубл. 03.02.1969, бюл. №7.
8. Нерадов В.П. Расчёт гидропневматических устройств амортизации валковых дробилок / В.П. Нерадов // Энергомашиностроение. -№9. - 1987. – С. 16-18.