

Д-р техн. наук Д.М. Житленок,
инж. А.С. Крышнев
(ГП «Дзержинскуголь»)
инж. В.В. Власенко
(ИГТМ НАН Украины)

РАЗРАБОТКА СИСТЕМ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ВИБРАТОРОВ ДЛЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА УГОЛЬНЫЙ ПЛАСТ ЧЕРЕЗ ВМЕЩАЮЩИЕ ПОРОДЫ

Наведено технологічні схеми для систем гідравлічних вібраторів, за допомогою яких виконується дія на вугільний пласт через вмещуючі породи. Розглянуто різноманітні конфігурації схем для створення різних частот дії.

ELABORATION HYDRAULIC SYSTEMS VIBRATORS FOR INFLUENCE ON COALBED THROUGH HOST ROCKS

The technological schemes for systems of hydraulic vibrators to perform influence on coal bed through the host rocks. Considered various configurations of schemes to create different frequencies of influence.

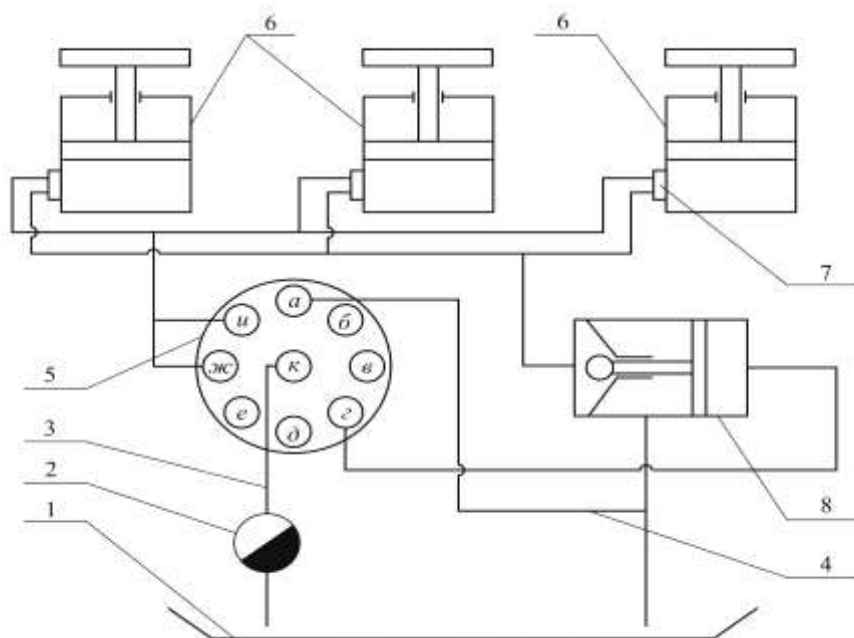
При разработке гидравлических схем систем вибраторов было выбрано направление, связанное с использованием гидравлического оборудования, выпускаемого промышленностью СНГ, для добычи угля. Это связано с минимальными затратами и временем, необходимым для изготовления систем гидравлических вибраторов и их отработки.

Рассмотрим несколько схем систем гидравлических вибраторов, включающих гидравлические стойки крепи «Спутник», гидрораспределители ЭРА-1М, маслостанцию СНУ-5 и т.д.

В приведенных гидравлических схемах системы вибраторов содержат: гидравлические стойки со встроенными в них гидрозамками, односторонний гидрозамок М-4 КУ-32/320, серийно выпускаемый Грязинским заводом гидрооборудования, крановый восьмипозиционный девятилинейный распределитель типа ЭРА-1М, в котором подвод жидкости к крану осуществляется по центральному каналу, а отвод к исполнительным механизмам – через одно из восьми периферийных отверстий, подводящие и сливные магистрали. Питаются системы вибраторов от маслостанции СНУ-5.

Рассмотрим принцип работы гидравлической схемы системы вибраторов, представленной на рис. 1.

Золотник гидрораспределителя ЭРА-1М приводится во вращение двигателем с числом оборотов $\omega = 5$ об/с. В поршневых полостях стоек давление жидкости создается при подаче ее через отверстие *к*, *ж*, *и* гидрораспределителя и рабочие (обратно-разгрузочные) клапаны ЭКОР, размещенные в гидрозамках стоек. При дальнейшем движении золотника подача жидкости в поршневые полости стоек прекращается. Поршневые полости стоек сообщаются с гидрозамком управления гидросхемой через предохранительные клапаны ЭКП, размещенные в гидрозамках стоек. Эти клапаны настроены на 2030 МПа и служат для создания постоянного распора гидростоек.



1 – маслота́нция, 2 – шарово́й кран, 3 – напорная гидромагистраль, 4 – сливная гидромагистраль, 5 – гидрораспределитель, 6 – гидростойка, 7 - гидрозамок стойки, 8 – гидрозамок управления

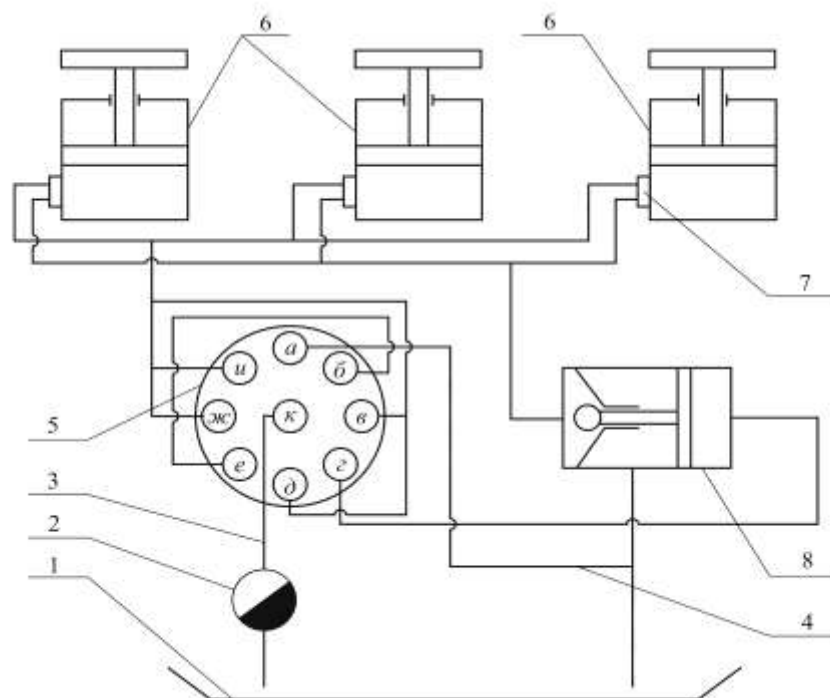
Рис. 1 – Гидравлическая схема системы вибраторов с частотой колебаний до 5 Гц

Сброс давления в поршневых полостях стоек осуществляется при подаче жидкости в отверстие гидрораспределителя. При этом создается давление в гидрозамке управления гидросхемой, в результате чего срабатывает его запорный клапан и жидкость из поршневых полостей стоек поступает в сливную магистраль. При дальнейшем вращении золотника цикл создания давления в поршневых полостях стоек и его сброс повторяется с частотой 5 Гц.

Принцип работы гидравлической схемы, показанной на рис. 2, аналогичен рассмотренному. Частота колебаний, $f = 15$ Гц достигается за счет использования обратных клапанов гидрораспределителя. Давление в поршневых полостях стоек создается при подаче жидкости в отверстие **к, в, д, ж, и** гидрораспределителя, сброс давления – при подаче жидкости в гидрозамок управления через отверстия **б, г, е** гидрораспределителя.

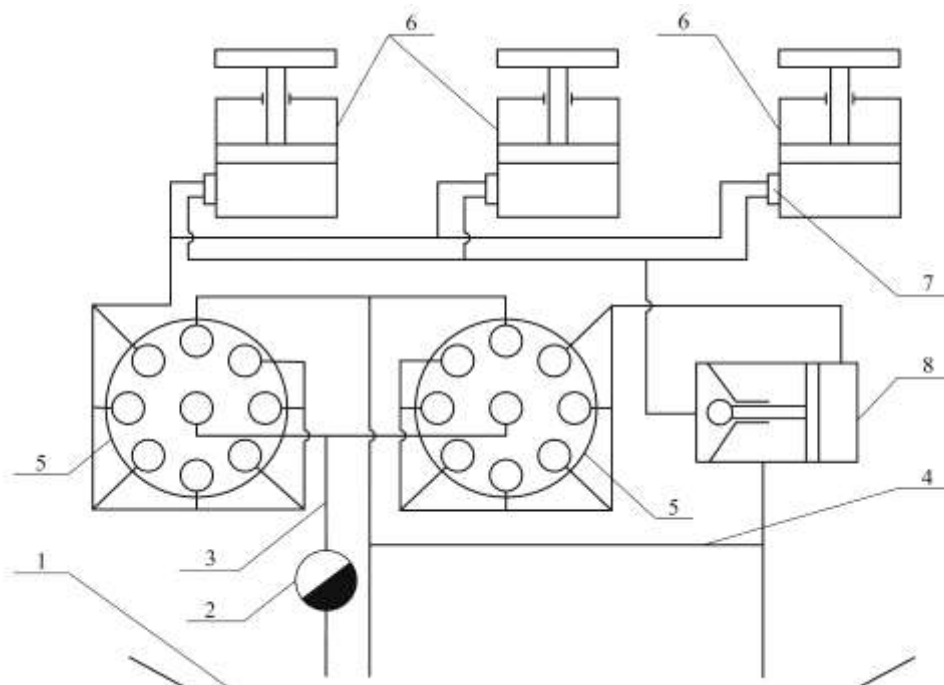
При использовании двух гидрораспределителей ЭРА-1М, двигателя с числом оборотов $\omega = 5$ об/с и редуктора, обеспечивающего асинхронность вращения золотников гидрораспределителей, частота колебаний в системе вибраторов достигает $f = 30$ Гц. Такая гидравлическая схема показана на рис. 3. В этой схеме один гидрораспределитель создает давление в поршневых полостях стоек, а второй – сбрасывает это давление путем подачи жидкости в гидрозамок управления гидросхемой.

Использование гидрораспределителя ЭРА-1М (для секций крепи М-87) упрощает гидравлическую схему системы вибраторов за счет уменьшения количества каналов в гидроблоке.



1 – маслота́нция, 2 – шаровой кран, 3 – напорная гидромагистраль,
4 – сливная гидромагистраль, 5 – гидрораспределитель ЭРА-1М, 6 – гидростойка,
7 – гидрозамок стойки, 8 – гидрозамок управления

Рис. 2 – Гидравлическая схема системы вибраторов с частотой колебаний до 15 Гц

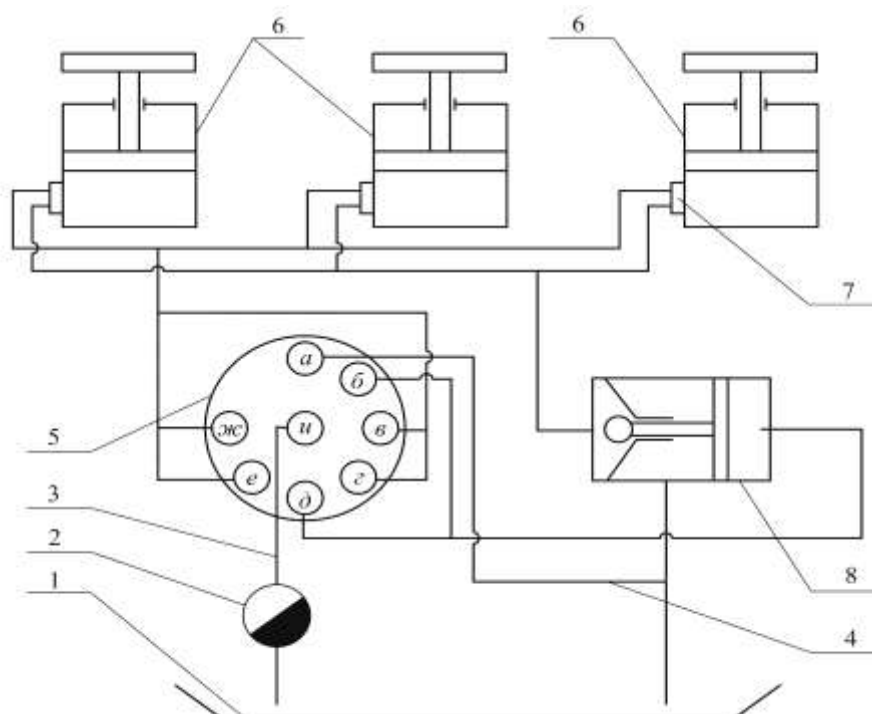


1 – маслота́нция, 2 – шаровой кран, 3 – напорная гидромагистраль,
4 – сливная гидромагистраль, 5 – гидрораспределитель, 6 – гидростойка,
7 – гидрозамок стойки, 8 – гидрозамок управления

Рис. 3 – Гидравлическая схема системы вибраторов с частотой колебаний до 30 Гц

На рис. 4 представлена гидравлическая схема системы вибраторов с частотой колебаний $f = 10$ Гц. Принцип работы схемы следующий. Золотник гидрораспределителя ЭРА-1М приводится во вращение со скоростью $\omega = 5$ об/с. В поршневых полостях гидростоек давление создается при подаче жидкости че-

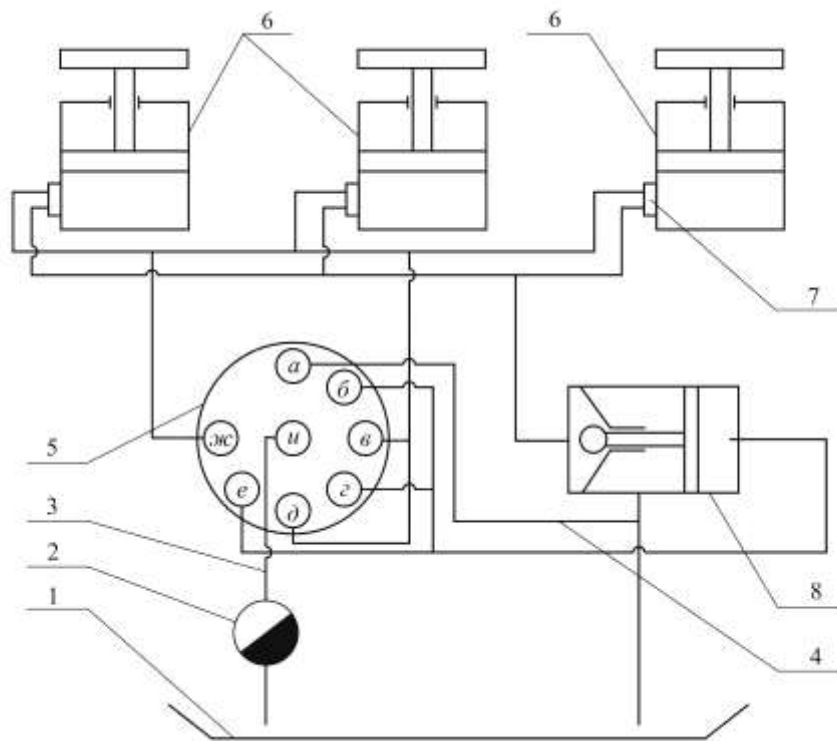
рез отверстия *и, в, г, е, ж* гидроблока и рабочие (обратно-разгрузочные) клапаны ЭКОР, размещенные в гидрозамках стоек. При дальнейшем движении золотника подача жидкости в поршневые полости стоек прекращается, а через отверстия *и, в, д* жидкость поступит в гидрозамок управления гидросхемой, в результате чего давление в поршневых полостях стоек уменьшается до 2,0-3,0 МПа. Такое давление создается на клапаны ЭКП, размещенные в гидрозамках стоек, что обеспечивает распор последних. При дальнейшем вращении золотника гидрораспределителя циклы создания напора в поршневых полостях стоек и сброс давления повторяются с частотой.



1 – маслота́нция, 2 – шаровой кран, 3 – напорная гидромагистраль,
4 – сливная гидромагистраль, 5 – гидрораспределитель ЭРА-1М, 6 – гидростойка,
7 – гидрозамок стойки, 8 – гидрозамок управления

Рис. 4 – Гидравлическая схема системы вибраторов с частотой колебаний до 10 Гц

При использовании гидрораспределителя ЭРА-1М частоту колебаний в системе вибраторов можно увеличить до 15 Гц. Такая гидравлическая схема показана на рис. 5. В этой схеме давление в поршневых полостях стоек создается при подаче жидкости в отверстия гидрораспределителя *и, в, д, ж*, а сброс давления – при подаче жидкости в отверстия *и, б, г, е*.



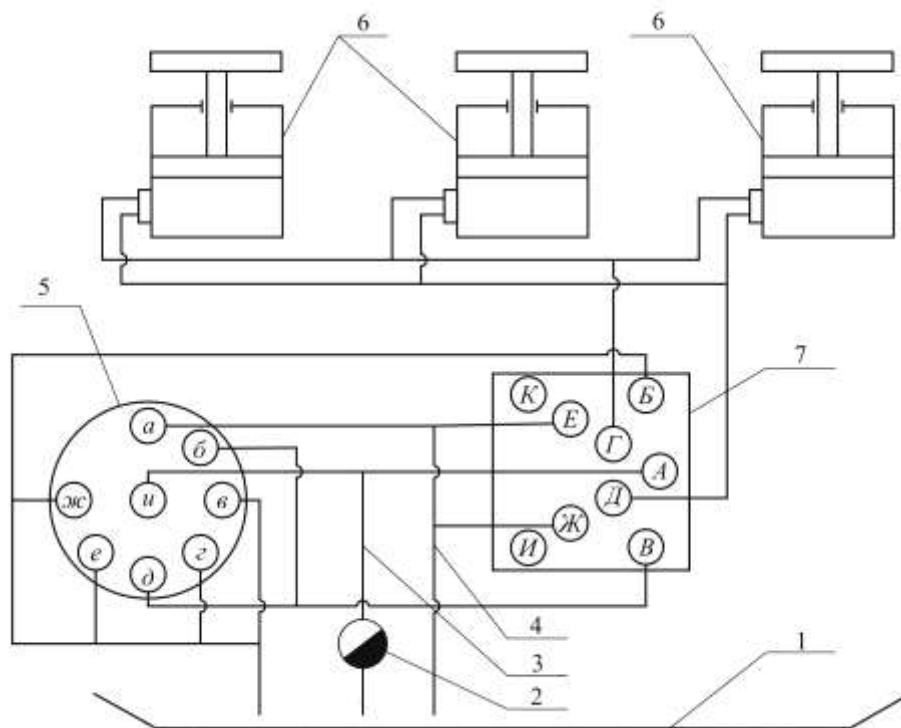
1 – маслостанция, 2 – шаровой кран, 3 – напорная гидромагистраль, 4 – сливная гидромагистраль, 5 – гидрораспределитель ЭРА-1М, 6 – гидростойка, 7 – гидрозамок стойки, 8 – гидрозамок управления

Рис. 5 – Гидравлическая схема системы вибраторов с частотой колебаний до 15 Гц

Частота колебаний $f = 30$ Гц достигается при использовании в гидросхеме двух гидрораспределителей ЭРА-1М и редуктора, обеспечивающего асинхронность вращения золотников. Такая гидравлическая схема аналогична схеме, показанной на рис. 3.

Все рассмотренные гидравлические схемы выполнены с использованием только поршневых полостей стоек. Если в этих схемах вместо гидрозамка управления применить гидрораспределитель типа Р102АИ14Д, то появляется возможность использования в системе вибраторов, как поршневые, так и штоковые полости стоек.

Для примера возьмем гидравлическую схему, изображенную на рис. 4, и заменим в ней гидрозамок управления на гидрораспределитель типа Р102АИ14Д, в котором: *А* – отверстие для выхода рабочей жидкости под давлением; *В, Е* – отверстия для входа потока управления; *С, Д* – дренажные отверстия; *Г, К* – отверстия для подсоединения к гидростойкам; *Г* – к штоковым полостям; *М* – отверстие для выхода рабочей жидкости. В новой гидросхеме, показанной на рис. 6, используются поршневые и штоковые полости гидростоек. Частота колебаний в системе вибраторов определяется схемой подключения гидрораспределителя ЭРА и в данном случае составляет 10 Гц. Принцип работы такой гидравлической схемы следующий.



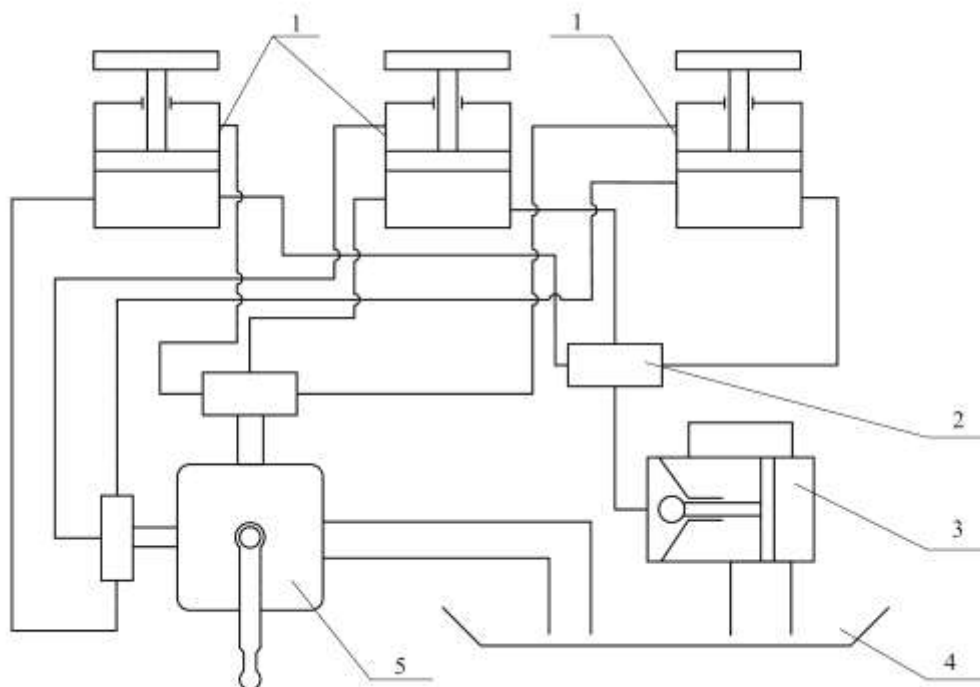
1 – маслостанция, 2 – шаровой кран, 3 – напорная гидромагистраль, 4 – сливная гидромагистраль, 5 – гидрораспределитель Р102АИ14Д

Рис. 6 – Гидравлическая схема системы вибраторов с частотой колебаний до 10 Гц

Золотник гидрораспределителя ЭРА-1М приводится во вращение со скоростью $\omega = 5$ об/с. Втулка золотника одновременно перекрывает два отверстия малого диаметра или *е, и*. В полости управления *В* и *Е* гидрораспределителя Р102АИ14Д жидкость поступает поочередно через группы отверстий гидрораспределителя ЭРА-1М: *в, г – Е; б – В; е, и – Е; д – В*.

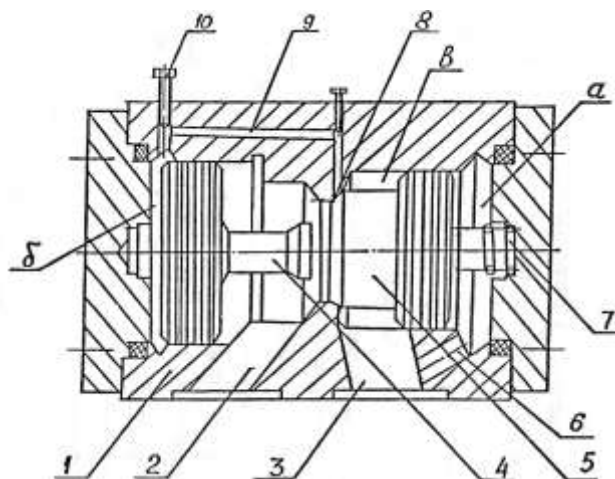
При поступлении жидкости в отверстие *В* золотник гидрораспределителя Р102АИ14Д перемещается и открывается доступ жидкости в поршневые полости стоек. Одновременно открывается выход жидкости из штоковых полостей стоек в сливную гидромагистраль. При поступлении жидкости в отверстие *Е* золотник перемещается в другую сторону и создается давление в штоковых полостях стоек. При этом жидкость из поршневых полостей поступает в сливную магистраль.

Схема системы управления работой гидростоек в режиме вибратора автоколебательным пульсатором, представлена на рис. 7. Она содержит гидростойки крепи «Спутник», распределительный штуцер, автоколебательный пульсатор, маслостанцию и гидрораспределитель ЭРА-1М. Автоколебательный пульсатор выполнен на базе гидрозамка М-4КУ 32/320 и представлен на рис. 8.



1 – гидростойка, 2 – дросселирующий распределитель, 3 – автоколебательный пульсар, 4 – маслостанция, 5 – гидрораспределитель

Рис. 7 – Схема системы управления работой гидростоек автоколебательным пульсатором



1 – корпус, 2 – входной канал, 3 – выходной канал, 4 – золотник, 5 – клапан, 6 – управляющий канал, 7 – золотниковый распределительный механизм, 8 – седло, 9 – канал, 10 – регулирующий винт

Рис. 8 – Автоколебательный пульсатор

Пульсатор содержит корпус 1 с выходным 2 и входным 3 отверстиями и установленными в его цилиндрических расточках золотника 4 и клапана 5, подкладная полость «а» сообщается отверстием 6, с входным отверстием 3. Клапан 5 поджат пружиной 7 к седлу 8. Подзолотниковую «б» и надклапанную «в» полости соединяют выходящим к седлу 8 клапана 5 каналом 9. Площадь сечения канала 9 регулируется специальным винтом 10.

Золотник 4 и клапан 5 выполнены таким образом, что рабочая площадь се-

чения золотника 4 больше рабочей площади сечения клапана 5 ($F_3 > F_{\text{кл}} \sim$ в 1,5 раза).

Управление работой гидростоек в автоколебательном режиме осуществляется следующим образом. Рабочая жидкость маслостанцией, в течение всей работы гидростоек, подается через гидрораспределитель в поршневую полость гидростоек, создавая в ней усилие предварительного распора 470 кН. Далее рабочая жидкость от маслостанции поступает в полость 3, затем через отверстие 6 в подклапанную полость «а». Под действием пружины 7 и давления в полости «а» клапан 5 закрыт. Из надклапанной полости «в» жидкость по каналу 9 поступает в подзолотниковую полость «б» до выравнивания давления в указанных полостях. Золотник 4, под действием силы давления рабочей жидкости, возникающей вследствие разности рабочих площадей золотника и клапана, перемещаясь, открывает клапан 5, при этом сообщаются отверстия 2 и 3, происходит слив рабочей жидкости из гидростоек. При сливе жидкости через расточку между надклапанной и подзолотниковой полостями скорость течения жидкости увеличивается. Согласно уравнению Бернулли:

$$P + \frac{\rho}{2} \cdot v^2 = \text{const.}$$

Для случая потерь напора при внезапном сужении потока следует:

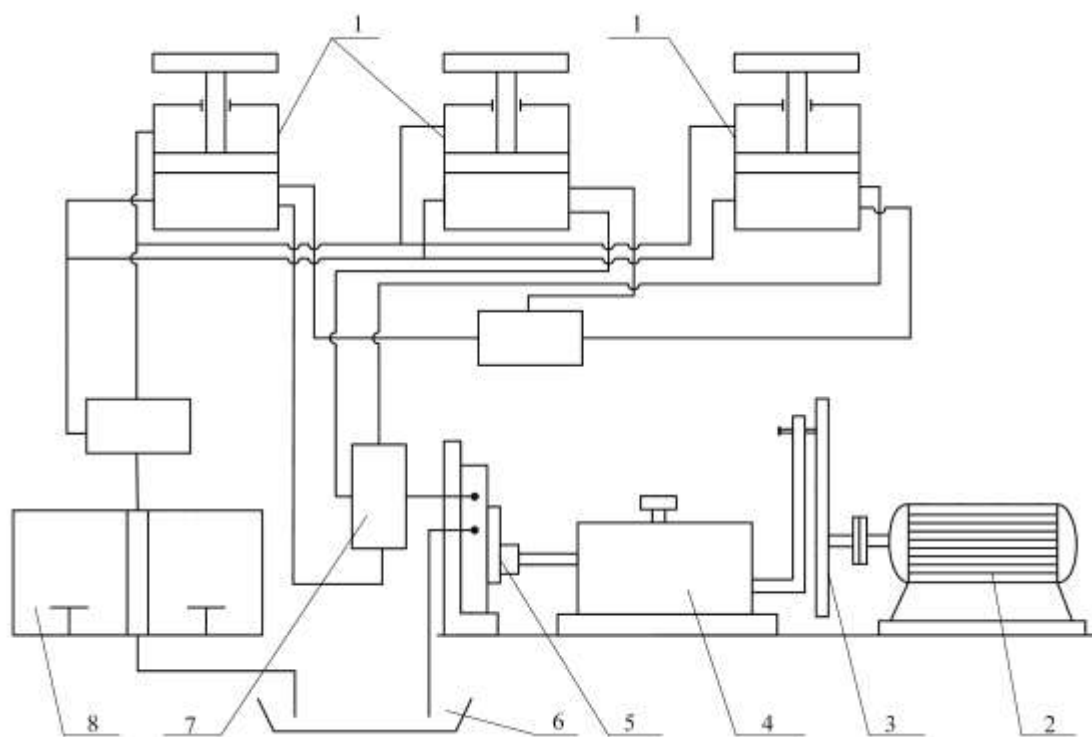
$$\Delta P = \frac{\rho}{2} \cdot (v' - v)^2,$$

где ρ – плотность жидкости; v' – скорость течения жидкости на участке сужения; v – скорость течения жидкости до участка сужения.

Соответственно статическое давление у седла 8 клапана 5 уменьшается, в результате чего уменьшается давление в подзолотниковой полости «б». Клапан 5 под действием пружины 7 и давления в подклапанной полости «а» закрывается. Далее следует автоматическое повторение циклов работы до выключения насоса. Таким образом, обеспечивается пульсирующее давление рабочей жидкости в гидростойках. Регулировочным винтом 10 осуществляется регулирование частоты колебаний пульсатора в широком диапазоне.

Схема вибрационной установки с управлением от вращающегося гидрораспределителя представлена на рис. 9. Она включает в себя гидравлические стойки крепи «Спутник», электродвигатель (или гидродвигатель), маховик, кулису, гидравлический распределитель, маслостанцию, дросселирующие распределитель и гидрораспределитель ЭРА-1М.

Управление гидрораспределителем осуществляется через кулису, маховик и переходную муфту электродвигателем (гидродвигателем).



1 – гидростойка, 2 – электродвигатель (пневмодвигатель), 3 – маховик, 4 – кулиса,
5 - вращающийся гидрораспределитель, 6 – маслостанция,
7 - дросселирующий распределитель, 8 – ручной гидрораспределитель типа ЭРА-1М

Рис. 9 – Схема вибрационной установки с управлением от вращающегося гидрораспределителя

В начальный период рабочая жидкость маслостанцией подается через гидрораспределитель в поршневые полости гидростоек, создавая в них усилие предварительного распора, после этого поршневые полости запираются.

Вращением от электродвигателя (гидродвигателя) через переходную муфту передается на маховик, на котором по разным радиусам, в зависимости от круговой частоты, находятся отверстия, где могут располагаться пальцы, взаимодействующие с кулисой. Кулиса, вращая рукоятку распределителя, поочередно сообщает поршневые полости гидростойки то с впуском рабочей жидкости, то со сливом, задавая таким образом вибрационный режим работы гидростоек.

Такая схема обеспечивает получение нагрузки до 470 кН, частоты до 25 Гц и амплитуды до 10^{-3} м.

Рассмотренные технологические схемы, работоспособны и могут быть использованы в промышленных условиях. Использование оборудования, производимого предприятиями стран СНГ, делает, рассмотренные гидравлические схемы, наиболее доступными и наименее материалозатратными.

Д-р техн. наук Л.М. Васильев,
канд. техн. наук В.С. Демченко,
инженеры С.В. Демченко,
В.Е. Мальцева,
(ИГТМ НАН Украины)
инженеры А.А. Потапенко,
И.Ф. Чугунков
(ОАО «Краснодонуголь»)

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОГО ДИАМЕТРА ЩЕЛИ,
ОБРАЗУЕМОЙ СКВАЖИНЫМ ЩЕЛЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ,
ДЛЯ ГИДРОРАЗРЫВА ГОРНЫХ ПОРОД**

Розроблена методика визначення основних параметрів шпариноутворювача для направленного гідророзриву порід крівель, що важко обрушуються. Наведений приклад розрахунку цих параметрів.

**THE DETERMINATION OF THE MAXIMUM DIAMETER OF THE GAP
FORMED BY THE HOLE GAP CREATOR FOR HYDRAULIC
FRACTURING OF ROCKS**

The technique for determination the main parameters of gap creator for directional fracturing rocks of the hard caving ground roofs. There is the example of the calculation of these parameters.

С увеличением глубины шахт значительно растет число труднообрушающихся кровель, являющихся серьезным осложняющим фактором. При больших площадях зависания таких кровель повышается нагрузка на крепь и существенно увеличиваются напряжения в очистном забое, что может спровоцировать внезапные выбросы угля и газа. Резкое опускание основной кровли может сопровождаться поломкой крепи и оборудования, завалом лав, что приводит к снижению производительности труда и объемов добычи угля. Следовательно, разработка способов эффективного управления труднообрушающимися кровлями в очистных выработках является основной из важных задач по повышению производительности и безопасности труда.

В настоящее время для борьбы с отрицательными явлениями в лавах с труднообрушающимися кровлями применяются различные традиционные методы разупрочнения основной кровли [1-3]. Это прежде всего гидрообработка кровли, передовое торпедирование и их сочетание. Эти все мероприятия направлены на уменьшение шага посадки основной кровли в выработанном пространстве лавы.

Применение указанных выше методов сдерживается невозможностью направленно управлять процессом разупрочнения пород кровли, что приводит к неравномерному перераспределению напряжений в кровле и угольном пласте и поэтому негативно сказывается на ведении очистных работ.

При сравнении легко- и труднообрушающихся кровель можно заметить, что структурное различие между составляющих их породами заключается в том, что породы легкообрушающихся кровель имеют слоистость со сравнительно слабыми контактами между слоями. Породы труднообрушающихся кровель, наоборот, являются монолитными и лишены выраженных послойных трещин.