УДК 622.232.72.(088.8)

В.И.МЕДВЕДКОВ, *д-р техн. наук, профессор, +7(812)328-82-20*
М.И.ТРИШИН, *студент, dom17187@mail.ru*
А.А.СИДОРЕНКО, *канд. техн. наук, доцент, sidorenkoaa@mail.ru*
Санкт-Петербургский государственный горный институт (*технический университет*)

V.I.MEDVEDKOV, *Dr. in eng. sc., professor, +7(812)328-82-20*
M.I.TRISHIN, *student, dom17187@mail.ru*
A.A.SIDORENKO, *PhD in eng. sc., associate professor, sidorenkoaa@mail.ru*
Saint Petersburg State Mining Institute (*Technical University*)

СИНТЕЗ СРЕДСТВ ПОДВОДА ВОДЫ К ВОДОПРИЕМНИКУ, ДВИЖУЩЕМУСЯ ВДОЛЬ ДЛИННОГО ЗАБОЯ

Синтезирован трубопровод из двух шарнирных участков, расположенных вдоль забоя, и двух телескопических участков на штреках. Проанализировано влияние конструкции шарнира на потери давления и центрального угла раздвижения шарнирной секции на усилие ее сокращения. Предложена диаграмма связи ширины выемочной полосы угля с мощностью пласта при заданных уровнях потерь давления воды в шарнирном трубопроводе и усилии его сокращения.

***Ключевые слова*:** водовод, шарнир, телескоп, непрерывность, лава, ширина.

SYNTHESIS OF MEANS SUPPLY WATER TO WATERRECEIVER, DRIVEN ALONG LONG FACE

The pipeline from two hinge the sites located along a face, and two telescopic sites on lines is synthesised. Influence of a design of the hinge on losses of pressure and the central corner divergence of hinge sections on effort of its reduction is analysed. The diagramme of communication of width dredging strips of coal with capacity of a layer is offered at the set level of losses of pressure of water in hinge the pipeline and effort of its reduction.

Key words: water-pipe, hinge, telescope, continuity, lava, width.

Рассмотрим возможность отработки законсервированных запасов пологих пластов на участках с ограниченными размерами и в целиках различного назначения с использованием механогидравлической и гидравлической технологии добычи угля. Отработка этих запасов с применением механизированных очистных комплексов, для которых оптимальна длина лав 200-300 м, как правило, экономически не целесообразна. В то же время значительные объемы законсервированных запасов в пределах шахтных полей большинства действующих угольных шахт обуславливают необходимость создания эффективных технологий для их отработки.

Анализ существующих технологий подземной разработки угольных пластов позволил сделать вывод о целесообразности применения в указанных условиях одного из прогрессивных направлений угледобычи – гидравлической технологии отработки пластов. Однако применение традиционной гидравлической технологии в лаве неэффективно из-за нерешенности вопросов управляемости процессом выемки и невозможности подачи к движущейся очистной машине (объекту) больших масс воды; нетрадиционные варианты здесь не анализируются, они являются предметом самостоятельного исследования.

Рассмотрим комплексное средство подачи воды, пригодное как для гидравлической, так и для механической добычной техники при гидротранспорте угля по выработкам.

Используем способ доставки воды к движущемуся объекту [1], заключающийся в питании его вначале по одному каналу, затем по двум одновременно, затем только по второму каналу. Для реализации этого способа каналы представлены в виде двух шарнирных трубопроводов (ШТ) с концевыми обратными клапанами, которые расположены вдоль фронта лавы на ее длине L. Питается объект при его движении вначале только по одному ШТ от трубопровода на откаточном штреке до середины лавы, в середине – по двум ШТ одновременно, затем первый ШТ отсоединяется от объекта и далее питание его происходит только по второму ШТ, соединенному с трубопроводом вентиляционного штрека (рис.1). Аналогичный процесс идет и при обратном ходе объекта. Непрерывность подвигания забоя по падению пласта по фактору «подвод воды к объекту» дополнительно может быть обеспечена телескопическим трубопроводом (ТТ) с гидроуправлением [2].

Задачей исследований является определение ширины L_{max} вынимаемой полосы угля по простиранию пласта, исходя из допустимой потери давления в участковой трубопроводной сети Δp (не более 10 % от распо-

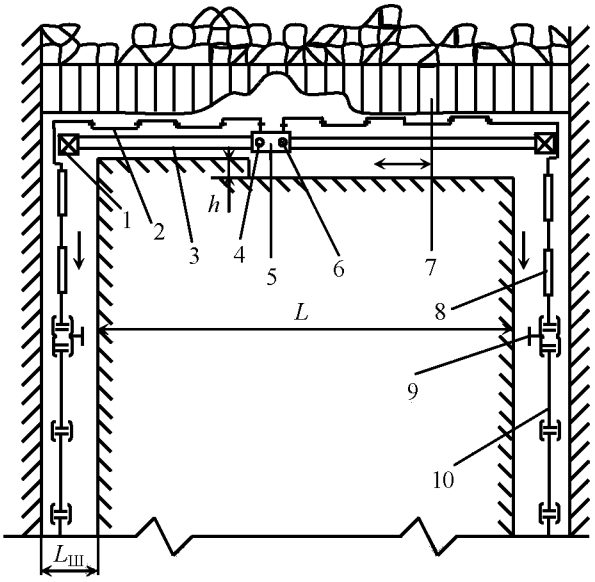


Рис.1. Модификация способа «1-2-1» для питания очистного комбайна угледобывающего комплекса:

1 – механизм перемещения водоприемника; 2 – шарнирный трубопровод; 3 – желоб; 4, 6 – обратный клапан; 5 – водоприемник (объект); 7 – крепь; 8 – шарнирный трубопровод гидроуправляемой раздвижности; 9 – задвижка; 10 – водовод

лагаемого давления) и допустимого значения сокращающего ШТ усилия F.

В сечении штрека шириной $L_{ш}$ должно быть такое количество Λ-образных секций ШТ (рис.2), которое обеспечит движение объекта вдоль лавы на длине L' составляющей не менее половины ее ширины при центральном угле 2α каждой секции (рис.3). При этом условии имеем выражение для определения L_{max}:

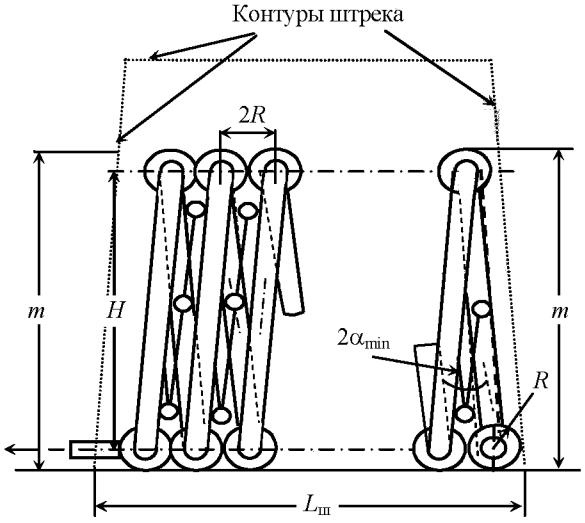


Рис.2. Расположение многозвенного шарнирного трубопровода в сечении штрека

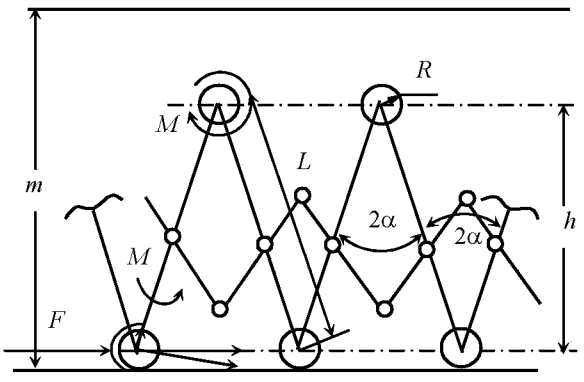


Рис.3. К определению усилия сокращения ШТ

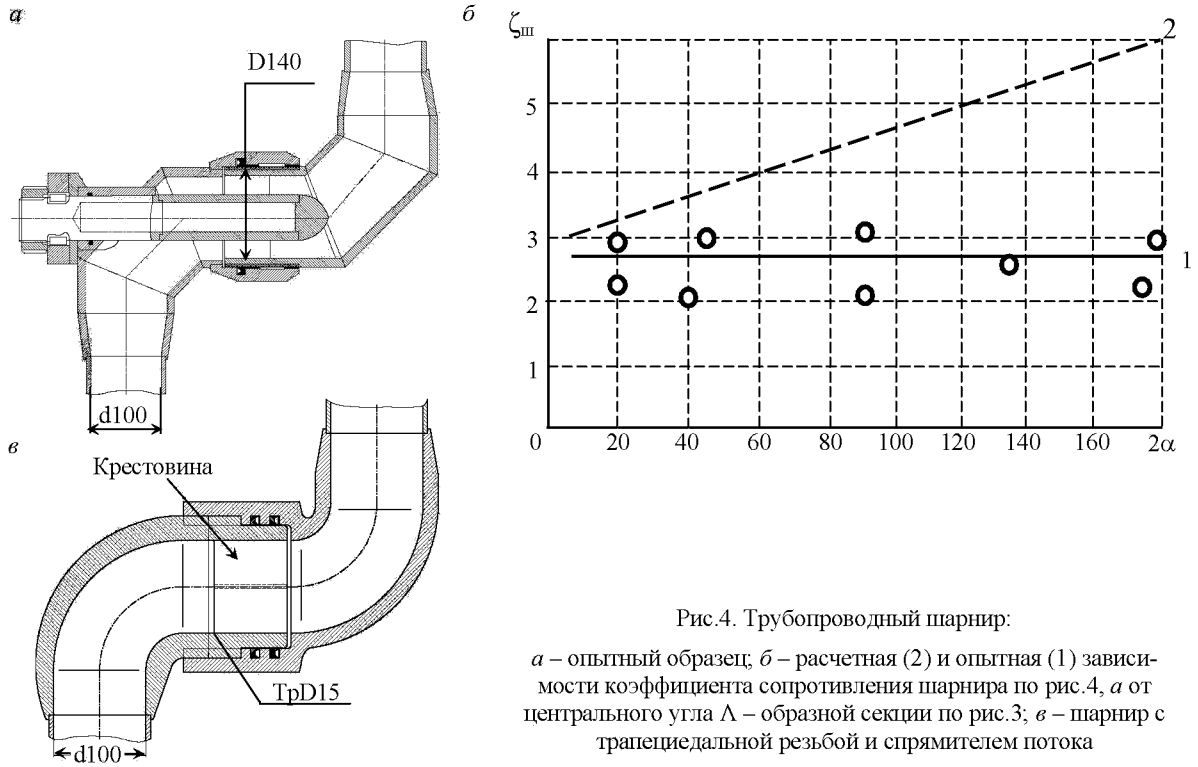


Рис.4. Трубопроводный шарнир:

а – опытный образец; *б* – расчетная (2) и опытная (1) зависимости коэффициента сопротивления шарнира по рис.4, *а* от центрального угла Λ – образной секции по рис.3; *в* – шарнир с трапециедальной резьбой и спрямителем потока

$$L_{max} \le 2(L_ш - 2R)\frac{\sin\alpha_{max}}{\sin\alpha_{min}}, \qquad (1)$$

где R – радиус обоймы шарнира ШТ; α_{min} и α_{max} – центральный угол Λ-образной секции соответственно при касании обойм смежных звеньев (см.рис.2) и при максимально допустимом раздвижении последних (рис.3).

Угол α_{min} зависит от мощности пласта:

$$\alpha_{min} = \text{arctg}\frac{R}{m - 2R}.$$

От изменения угла α, согласно рекомендациям [3, 5], должен зависеть уровень потерь давления Δp в шарнире и сокращающее ШТ усилие F. Чем больше α_{max} в раздвинутом ШТ, тем большее усилие F требуется приложить для начала его сокращения (заметим, что все Λ-образные секции сокращаются одновременно) и тем больше должны быть потери давления Δp в ШТ. Имеет место противоречие: с ростом α_{max} уменьшается объем нарезных работ [см.формулу (1)], но ухудшается гидравлическое качество ШТ и возникают сложности с созданием тяговых органов питаемого объекта. Уточним эти недостатки.

Проанализируем сварной шарнир (рис.4, *а*) [4], который имеет 2 колена, 4 стыка, 10 сварных швов, плавное сужение, плавное расширение и кольцевой канал. Имеется крестовина, закрепляющая стягивающий стержень на одной части шарнира. Расчетный коэффициент местных сопротивлений шарнира $\zeta_ш$ (рис.4, *б*) с учетом изменения угла α найден по формуле [4], отражающей известные рассуждения [3]:

$$\zeta_ш = \zeta'_ш\left(2 + \frac{\alpha}{90}\right), \qquad (2)$$

где $\zeta'_ш$ – коэффициент сопротивления одного колена.

Расчет показывает, что при изменении угла α от 0 до 180° коэффициент $\zeta_ш$ изменяется вдвое и составляет от 3 до 6 для размеров и конфигурации шарнира по рис.4, *а*.

Опытами [4] установлено (рис.4, *б*), что для тех же пределов α коэффициент $\zeta_ш$ постоянен, т.е. не подчиняется формуле (2). Этот факт существует за счет спрямления потока крестовиной и это существенно для рассматриваемой задачи. Для литого ШТ этот эффект достигается встроенной крестовиной, а сни-

жения $\zeta'_{ш}$ можно добиться за счет использования соединения колен грузовой резьбой (без стержня) и плавности сопряжений (рис.4, *в*). Расчетом получен $\zeta_{ш} \approx 0{,}6$, что в 5-10 раз меньше, чем в варианте по рис.4, *а*. Это значение и принято за основу при определении потерь энергии в шарнирах $\Delta p_{ш}$.

Например, для ШТ с условным проходом $D = 100$ мм и длиной звена $L = 0{,}35 \div 2{,}8$ м, соответствующей мощности пласта $m = 0{,}5 \div 3$ м, при ширине штрека $L_{ш} \approx 4$ м подвод к объекту воды с расходом $Q = 0{,}05$ м^3/с (180 м^3/ч) при давлении 12 МПа сопровождается суммарными потерями энергии согласно данным рис.5. Заметим, что если вдоль лавы имеется желоб, а уклон линии забоя самотечный, указанным расходом можно обеспечить транспорт горной массы с производительностью более 100 т/ч.

Из рис.5 следует, что уровень потерь давления в ШТ не превышает 10 % от исходного давления, т.е. является приемлемым.

Расчеты к рис.5 выполнены по известной зависимости

$$\Delta p = \left(\lambda \frac{\sum L}{D} + \sum \zeta_{ш.общ}\right) \frac{8\rho}{\pi^2 D^4} Q^2,$$

где λ – коэффициент гидравлического сопротивления труб, для квадратичной области $\lambda = 0{,}023$; ρ – плотность воды, принята 1000 кг/м^3.

Суммарная длина звеньев ШТ при $Z_{Л} = L_{ш} / 2R$ определена по формуле

$$\sum L = L_{ш}\left[\sin\left(\operatorname{arctg}\frac{R}{m-2R}\right)\right]^{-1} = 2Z_{Л}R\left[\sin\left(\operatorname{arctg}\frac{R}{m-2R}\right)\right]^{-1}.$$

Исходя из равенства момента поворота звена L вокруг центра шарнира (см. рис.3) и момента сопротивления сил трения между составными частями того же шарнира (рис.4, *в*), определим силу тягового органа на сокращение ШТ:

$$F \geq (M_{о} + M_{у})\left(\frac{L_{ш}}{R} + 1\right) \times \times \sin\left[\operatorname{arctg}\left(\frac{R}{m-2R}\right)\right](R\cos\alpha_{max})^{-1}, \quad (3)$$

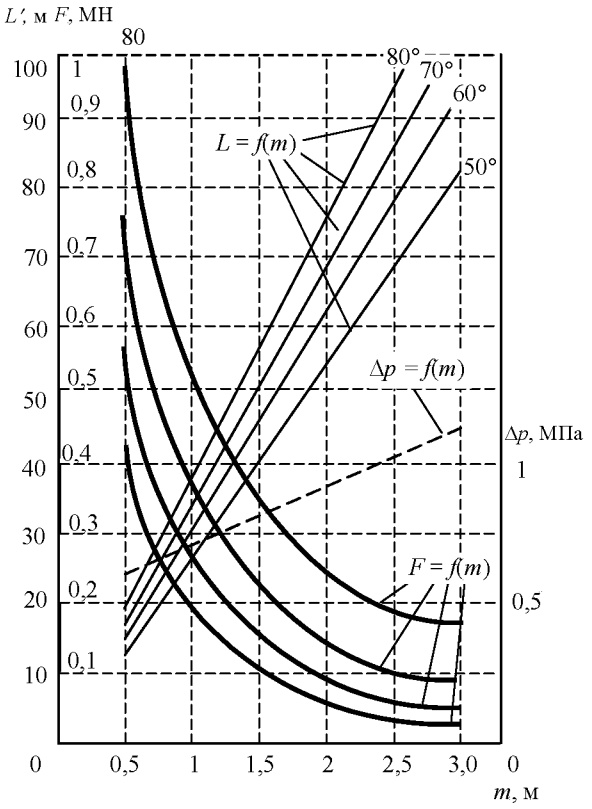


Рис.5. Итоговые характеристики анализа

где $M_{о}$ – момент трения в опорной резьбе шарнира (рис.4, *в*), Н/м, возникающий при повороте одной части шарнира относительно другой; этот узел воспринимает растягивающее усилие, пропорциональное давлению воды в полости шарнира; $M_{у}$ – момент трения в уплотнениях.

Из формулы (3) следует, что с ростом угла α_{max} сила F растет при прочих равных условиях. Момент сопротивления в шарнире $M = p(Srf_1 + \pi D l_y r_y f_2)$,

где $S = \pi r^2$ – площадь сечения, воспринимающего давление p, м^2; r – средний радиус грузовой резьбы, м; f_1 и f_2 – коэффициенты трения соответственно стали и резины по антифрикционному чугуну, $f_1 \approx f_2 \approx 0{,}2$; $l_{у}$ – осевая ширина уплотнения, м; $r_{у}$ – радиус контактной поверхности уплотнения с антифрикционным чугуном колена, м.

На рис.5 нанесены кривые связи сокращающего усилия F с мощностью пласта m, а также кривые ожидаемой ширины выемочной полосы L. Имея эти данные, можно в каждом конкретном случае оперативно оценить возможность использования схемы рис.1 для от-

работки брошенных пластов механогидравлическим или гидравлическим способом. Так, например, при мощности пласта $m = 2$ м можно отрабатывать полосу угля в лаве шириной $L = 120 \div 150$ м, но с ростом L растет и тяговое усилие F: для $L = 150$ м имеем $F \approx 270$ кН, а при $L = 120$ м требуемое усилие $F \approx 70$ кН. Очевидно, что для гидравлического органа разрушения угля, не имеющего контакта с массивом, предпочтительнее отрабатывать лаву при $L = 120$ м. Потери давления ШТ (рис.5) будут порядка 8 %, что допустимо, при этом конструкция шарнира должна соответствовать рис.4, *в*.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. А.с. № 154516 СССР. МКИ Е 21F 17/00. Способ наращивания шлангов для подачи напорной жидкости к дистанционно управляемым и автоматическим горным машинам / В.И.Медведков. Опубл. 25.05.1963. Бюл. № 10.

2. А.с. № 1200068 СССР. МКИ F 16L 27/12. Трубопровод переменной длины / А.С.Бурчаков, А.Е.Гонтов, А.П.Ищенко, В.Н.Малышев, В.И.Медведков, О.В.Михеев и В.Г.Лурий. Опубл. 10.11.1985. Бюл. № 47.

3. *Гейер В.Г.* Гидравлика и гидропривод: Учеб. для вузов / В.Г.Гейер, В.С.Дулин, А.И.Заря 3-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1991. 331 с.

4. *Медведков В.И.* Анализ конструкций и результаты испытаний элементов подающе-энергопроводящих ставов для гидравлических выемочных машин // Совершенствование технологических схем и оборудования гидравлической добычи угля: Сб. научн. тр. / В.И.Медведков, В.Г.Краюшкин. ВНИИгидроугль. Новокузнецк, 1987. С.45-55.

5. Примеры расчетов по гидравлике. Учеб. пособие для вузов / Под. ред. А.Д.Альтшуля. М.: Стройиздат, 1976. 300 с.

REFERENCES

1. A.s. №154516. U.S.S.R. MKI E 21F 17/00. Way of escalating of hoses for submission of a pressure head liquid to distance controlled and automatic mountain machines / V.I.Medvedkov. Published, 25.05.1963. Bul. № 10.

2. A.s. № 1200068. U.S.S.R. MKI F 16L 27/12. The pipeline of variable length/ A.C.Burchakov, A.E.Gonton, A.P.Ishenko, V.N.Malishev, V.I.Medvedkov, O.V.Miheev, V.G.Lurij. Published 10.11.1985. Bul. № 47.

3. *Gejer V.G.*, *Dulin V.C.*, *Zary A.I.* Hydraulics and hydrodrive: Textbook. 3 edition, Advanced and complemented. Moscov: Nedra, 1991. 331 p.

4. *Medvedkov V.I.*, *Krajyshkin V.G.* The analysis of designs and results of tests of elements giving hydraulics machines // Perfection of the technological circuits and equipment of hydraulic production coal / VNIIgidrouglja. Novokuzneck, 1987. P.45-55.

5. Examples of account on hydraulics / Under idition A.D. Altshula. Moscow: Strojizdat, 1976. 300 p.

Научный руководитель д-р техн. наук, профессор *В.И.Медведков*