

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ГИДРОПРИВОДА ПЕРЕДВИЖЕНИЯ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ КРЕПИ ПРИ НЕПРЕРЫВНОЙ ПОДАЧЕ ФРОНТАЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ

В. И. Эренбург, канд. техн. наук (МакНИИ, г. Макеевка Донецкой обл.)

Виконано обґрунтування і вибір основних режимних та конструктивних параметрів гідроприводу переміщення механізованого кріплення для системи безперервної подачі фронтального агрегата на вибій.

Анализ существующих и разрабатываемых конструкций агрегатов показал, что выемочные машины фронтального типа с однооперационным фронтальным исполнительным органом, являясь машинами непрерывного действия, позволяют наиболее рациональным путем получить поточную технологию выемки угля при непрерывной подаче их на забой [1, 2].

Анализ структуры фронтального агрегата, проведенный на основе методики классификации и систематизации схем и средств механизации, предложенной В. И. Солодом, получившей в дальнейшем развитие в работах И. Л. Пастоева, показал, что движение выемочной машины на забой осуществляется гидроприводом подачи с помощью базы агрегата и механизированной крепи. База связывает все функциональные органы агрегата и обеспечивает их направленное перемещение. Механизированная крепь в системе подачи агрегата на забой выполняет функцию опорного элемента. Гидропривод подачи агрегата на забой связывает базу и механизированную крепь и является одновременно функциональным элементом системы управления передвижением агрегата в плоскости пласта и системы передвижения механизированной крепи [3].

Для осуществления подачи агрегата на забой в настоящее время применяется групповая схема передвижения секций крепи. Однако опыт создания и эксплуатации фронтальных агрегатов показывает, что скорость движения механизированной крепи и цикличность ее работы ограничивают рост производительности агрегатов.

Известные технические решения гидропривода передвижения механизированной крепи, прошедшие шахтные испытания в агрегатах АК-3, Ф-1, АКД-2, обеспечивали непрерывное движение выемочного органа агрегата только в пределах шага передвижки крепи. На время передвижения крепи подача выемочной машины на забой прекращалась [4–7].

В связи с этим была поставлена задача определения режимных и конструктивных параметров гидропривода передвижения механизированной крепи, позволяющих совместить во времени процессы выемки угля и передвижения механизированной крепи.

Решение этой задачи позволяет усовершенствовать процесс движения агрегата, более полно использовать установленную мощность приводов,

сократить непроизводительные простои, вести очистные работы в оптимальных режимах с повышенной скоростью подвигания забоя без постоянного присутствия людей в лаве.

Анализ возможных схем передвижения секций механизированной крепи показал, что непрерывное движение выемочной машины с фронтальным исполнительным органом может быть обеспечено фланговой последовательной, фронтальной групповой или комбинированной схемами при строгой согласованности движения секций механизированной крепи. Фланговая последовательная схема передвижения секций характеризуется теми же зависимостями, что и групповая, имеющая число групп, равное числу секций крепи (в группе одна секция). Комбинированные схемы представляются как переходные от групповой фронтальной схемы до фланговой последовательной. Для достижения наибольшей скорости движения крепи при непрерывной подаче агрегата наиболее рациональной является трехгрупповая фронтальная схема передвижки секций [5].

В результате аналитических исследований установлены зависимости, характеризующие движение крепи при непрерывной подаче базы агрегата на забой.

Активное сопротивление движению базы на забой (F_a) определяется с учетом сопротивления движению секций крепи, подтягивающихся к базе:

$$F_a = F_{ио} + F_{б} + F_{к}, \quad (1)$$

где $F_{ио}$ – отжимающее усилие, действующее на исполнительный орган; $F_{б}$ – сопротивление передвижению базы агрегата; $F_{к}$ – сопротивление передвижению группы секций крепи.

Сопротивление передвижению группы секций крепи определяется из условия необходимого усилия страгивания секции.

Максимальное усилие подачи базы, развиваемое гидроприводом ($F_{п}$), и допустимое опорное усилие механизированной крепи ($F_{о}$) обуславливаются схемой передвижения секций и описываются следующими зависимостями:

$$F_{п} = S_p P Z_a n (m-2) \quad (2)$$

$$F_{о} = 1,57 D_{ст}^2 \cdot P_{п} \cdot Z_c \cdot f n (m-2), \quad (3)$$

где S_p – площадь сечения рабочей полости гидроцилиндра подачи; D_c – диаметр поршня гидростойки; P – давление, развиваемое насосной станцией; $P_{п}$ – давление предварительного распора гидростойки; f – коэффициент трения элементов крепи о боковые породы; Z_a , Z_c – соответственно число гидроцилиндров подачи и гидростоек в одной секции крепи; m – число групп секций крепи; n – число секций в группе.

Скорость движения крепи зависит от схемы, скорости и синхронности передвижения секций и определяется из выражения

$$V_{к} = \frac{V_c}{(m-1)\xi}, \quad (4)$$

где $\xi = t_c t_{гп}^{-1}$ – коэффициент синхронности движения секций крепи; t_c – время движения секции крепи; $t_{гп}$ – время движения группы секций крепи.

Исследования движения механизированной крепи в процессе непрерывной подачи агрегата на забой показали, что секции совершают сложное движение, которое состоит из переносного движения базы (V_6) агрегата и относительного движения секции относительно базы (V_c).

Скорость переносного движения базы обуславливается режимом работы исполнительного органа выемочной машины и выбирается из условия производительности агрегата, требуемой по техническому заданию.

Относительная скорость движения секции обуславливается режимом движения базы и зависит от параметров гидропривода и сил сопротивления движению секции. При стохастическом характере сил сопротивления движению секций в процессе их подтягивания к движущейся базе возможны три режима передвижения секций. Возникновение того или иного режима определяется соотношением давления в рабочей полости гидроцилиндра (P_p), создаваемого насосной установкой, давления, необходимого для преодоления активной нагрузки (P_a), и давления подпора в магистрали слива в точке включения данного гидроцилиндра ($P_{мс}$).

Режим первый. Секция крепи подтягивается к движущейся базе. При этом $V_c > 0$. Режим наблюдается при условии

$$P_p > P_a + P_{мс}.$$

Режим второй. Секция крепи движется совместно с базой, $V_c = 0$.

Режим наблюдается при крайних положениях гидроцилиндра подачи или при условии

$$P_p = P_a + P_{мс}$$

Режим третий. Секция крепи движется медленнее базы или неподвижна. В этом случае $0 > V_c > V_6$. Режим наблюдается при $P_p < P_a + P_{мс}$.

При третьем режиме движения секции гидроцилиндры подачи работают в режиме насоса.

Непрерывная подача фронтального агрегата на забой может быть осуществлена только при первом режиме движения секций.

Исследование работы гидропривода передвижения механизированной крепи показало, что при групповой схеме передвижки секций характеристика гидросети в связи со стохастическим характером сил сопротивления движению секции и перераспределения потока жидкости в гидросистеме изменяется в широких пределах, ограниченных характеристиками

$$P_1 = P_{уст}^{\min} + C_{\min} Q^2; \quad (5)$$

$$P_2 = P_{ст}^{\max} + C_{\max} Q^2, \quad (6)$$

где $P_{уст}^{\min}$ – минимальное давление в рабочей полости гидроцилиндра при установившемся движении секции крепи; $P_{ст}^{\max}$ – максимальное давление в

рабочей полости гидроцилиндра, необходимое для страгивания секции крепи; C_{\min}, C_{\max} – приведенные коэффициенты потерь давления в гидросистеме.

Если область изменения характеристик гидросети находится на естественной характеристике насосной установки, то время передвижения группы секций имеет определенное значение

$$t_{\text{гр}} = h_a S_p n Z_a Q_0^{-1}, \quad (7)$$

где h_a – ход гидроцилиндра подачи; Q_0 – подача насосной установки.

Гидропривод с такой характеристикой является относительно жестким, так как изменение активной нагрузки, соответствующее давлению от $P_{\text{уст}}$ до $P_{\text{ст}}$ не приводит к изменению скорости движения крепи.

Однако в этом режиме работы гидропривода насосная установка работает при давлении ниже номинального.

Если область изменения характеристик гидросети находится на регулируемой характеристике насосной установки, время передвижения группы секций крепи определяется временем движения наиболее нагруженной секции:

$$t_{\text{гр}} = h_a V_{\text{с min}}^{-1}. \quad (8)$$

Такой гидропривод имеет относительно мягкую характеристику. Время передвижения группы секций в случае стохастического характера сил сопротивления движению имеет случайное значение. Следовательно, согласовать движение крепи и выемочной машины на забой не представляется возможным.

В связи с этим мы предлагаем изменить относительно мягкую характеристику существующего гидропривода крепи на жесткую путем применения регуляторов потока жидкости.

Исследования гидросистемы с регуляторами потока жидкости, выполненные в МГГУ, показали, что они позволяют синхронизировать работу большого числа гидроцилиндров с различной активной нагрузкой с точностью 10...12%. Это позволяет получить определенное время передвижения группы секций и обеспечить согласованную работу крепи и выемочной машины для осуществления непрерывной подачи фронтального агрегата на забой.

Характерной особенностью гидропривода непрерывной подачи фронтального агрегата на забой при синхронной передвигке секций являются магистрали с равномерным попутным расходом жидкости.

При исследовании этого гидропривода были приняты следующие допущения:

база агрегата передвигается строго фронтально;

поток жидкости в магистралях нагнетания и слива на участке одного модуля постоянный;

регуляторы потока, включенные по схеме на «входе» в гидроцилиндр, обеспечивают жесткую механическую характеристику гидропривода передвижения секций и постоянную скорость их движения.

С учетом этих допущений для гидросистемы с равномерным попутным расходом жидкости получена характеристика, имеющая вид

$$P_3 = P_{\text{ст}}^{\text{max}} + \left[C_0 + C_a \frac{(n+1)(2n+1)}{6n} + C_j n^{-2} \right] Q^2, \quad (9)$$

где C_0 – приведенный коэффициент потерь давления в магистралях слива и нагнетания на участке от насосной станции до первой секции крепи; C_a – приведенный коэффициент потерь давления в магистралях слива и нагнетания на участке между соседними секциями в группе; C_j – приведенный коэффициент потерь давления в ветви гидросистемы.

Зависимость скорости движения крепи от подачи насосной установки при характеристиках гидросистемы (5), (6) и (9) показана на рис. 1. В зависимости от характера изменения сил сопротивления движению секций величина скорости движения крепи будет находиться между линиями 1 и 2 и иметь случайное значение. Скорость движения крепи при равномерном попутном распределении потока жидкости (линия 3) всегда определенная и больше, чем при любом другом характере распределения потока жидкости в гидросистеме по длине лавы. Еще большее возможное значение скорости движения крепи (до линии 2) обуславливается минимальными сопротивлениями движению секций и потерями давления в гидросистеме.

Величина потерь давления в гидросистеме имеет выражение

$$\Delta P_k = C_0 \left(\sum_{i=1}^n Q_i \right)^2 + C_a \sum_{j=1}^k \left(\sum_{i=j+1}^n Q_i \right)^2 + C_j Q_k^2, \quad (10)$$

где ΔP_k – потери давления в k -й точке лавы; Q_k – расход жидкости в k -й ветви гидросистемы.

Зависимости потерь давления по длине лавы при различном характере распределения жидкости показаны на рис. 2. Линии 1, 3, 5, 7 показывают характер распределения потока жидкости по длине лавы, линии 2, 4, 6, 8 – соответствующие им потери давления.

Из графиков видно, что максимальные потери давления (линии 2 и 4) наблюдаются при подаче всей жидкости в гидросистему одной из секций (линии 1 и 3). При равномерном распределении жидкости (линия 5) потери давления в гидросистеме значительно снижаются. Наименьшие потери давления (линия 8) будут наблюдаться при распределении жидкости по длине лавы (линия 7). Однако такое распределение жидкости обуславливает разные скорости движения секций и, как следствие, приводит к увеличению времени движения группы.

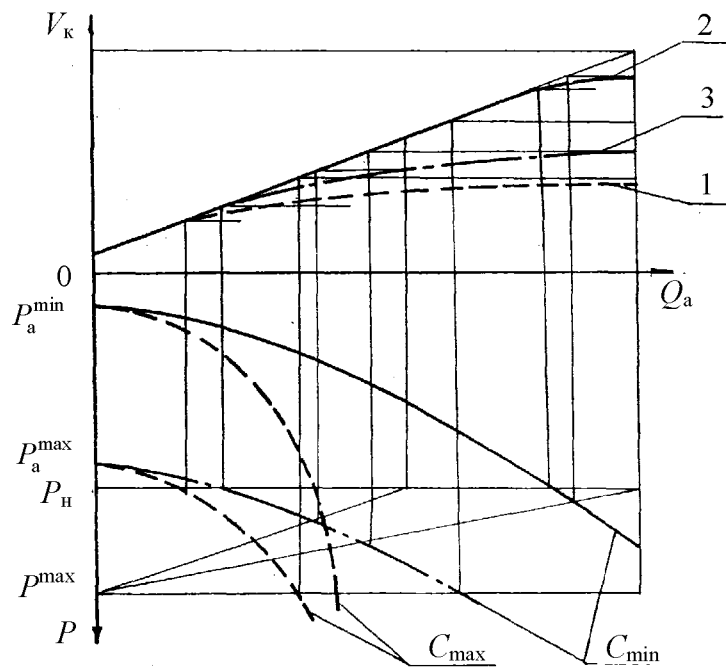


Рис. 1. График зависимости скорости движения крепи от подачи насосной станции

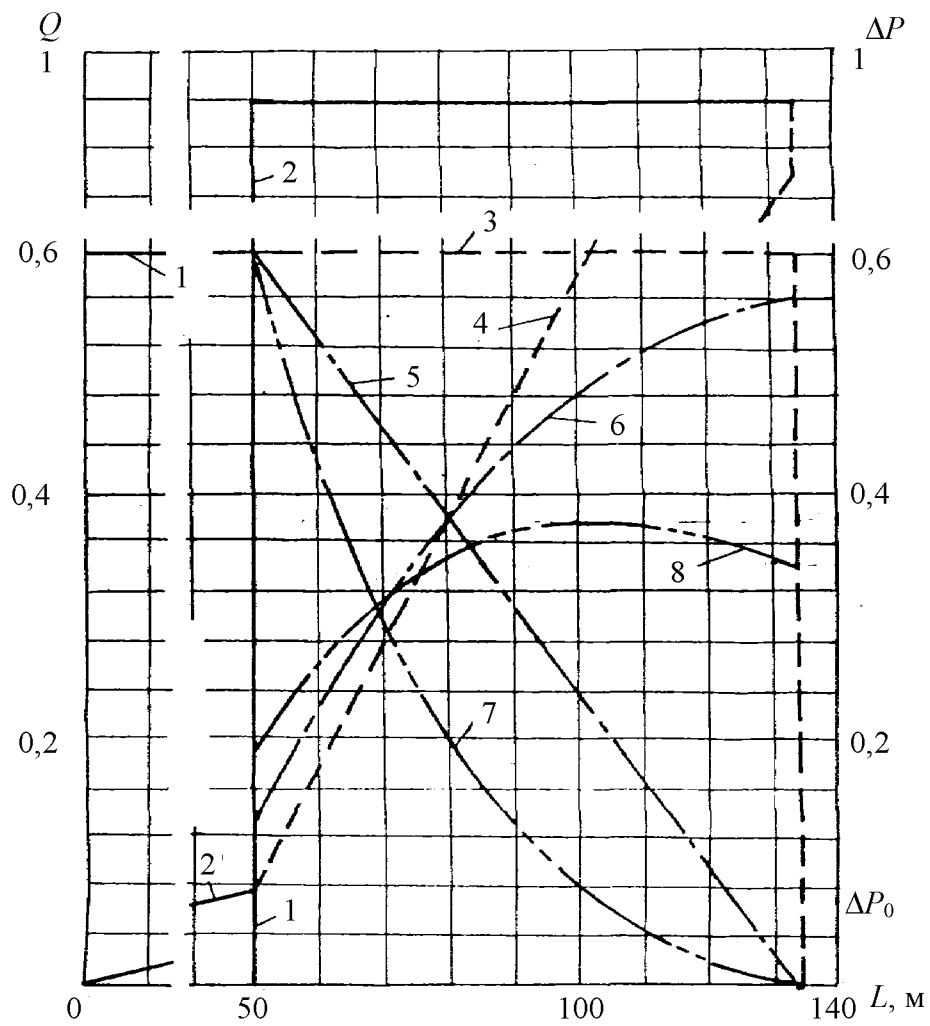


Рис. 2. Зависимость потерь давления по длине лавы при различном характере распределения жидкости

Основные параметры гидропривода непрерывного передвижения механизированной крепи следует выбирать из условия оптимального режима работы насосной установки, то есть при номинальном давлении, поскольку гидропривод с равномерным попутным распределением потока жидкости в магистралях имеет стабильную характеристику гидросети.

Параметры гидроцилиндров определяются с учетом схем соединения магистралей. При общих магистралях нагнетания и слива для подачи базы и передвижения крепи площади рабочих полостей гидроцилиндров определяются из выражений

$$S_6 = S_k \frac{F_a K'_3}{R_{ct} K_3 n (m-2)}, \quad (11)$$

где S_6 – площадь сечения рабочей полости гидроцилиндра, подающего базу; S_k – площадь сечения рабочей полости гидроцилиндра, передвигающего секцию крепи, определяется как действительный положительный корень неполного кубического уравнения

$$S_k^3 - 0,99 P_n \cdot \alpha^{-1} S_k + R_{ct} K_3 \alpha^{-1} = 0, \quad (12)$$

где $\alpha = \frac{6 R_{ct}^3 K_3^3 n^2 (m-2)^3}{C_0 V_c^2 (n+1)(2n+1) [F_a K'_3 + R_{ct} K_3 n (m-2)]^3}$; R_{ct} – сопротивление страгивания секции крепи; P_n – номинальное давление насосной установки; K_3 , K'_3 – коэффициенты вариации сил сопротивления соответственно движению секции и базы.

В случае отдельных магистралей нагнетания и слива для подачи базы и передвижения крепи площадь сечения рабочей полости гидроцилиндра, передвигающего крепь, определяется как действительный положительный корень полного кубического уравнения

$$S_k^3 + \frac{3A^2 B}{1+A^3} S_k^2 + \left(\frac{3AB^2}{1+A^3} - \frac{0,99 P_n}{(1+A^3)N} \right) S_k + \frac{B^3}{1+A^3} + \frac{R_{ct} K_3}{(1+A^3)N} = 0, \quad (13)$$

где $A = \frac{P_n}{P'_n}$; $B = \frac{F_a K'_3 - R_{ct} K_3 n (m-2)}{0,99 P'_n n (m-2)}$; $N = \frac{C_0 V_c^2 n (n+1)(2n+1)}{6}$; P'_n – номинальное давление насосной установки, работающей на подачу базы.

Площадь сечения рабочей полости гидроцилиндра, подающего базу агрегата, определяется по формуле

$$S_6 = S_k A + B. \quad (14)$$

Для проверки достоверности результатов теоретических исследований были проведены экспериментальные исследования. Объектом экспериментальных исследований являлся натурный образец гидропривода передвижения фронтального агрегата АБТ.

Исследования проводились на специально разработанном стенде, представляющем собой систему передвижения агрегата длиной 18 м. Стенд позволял осуществлять работу гидропривода во всех исследованных режимах. В качестве базы служил став агрегата, состоящий из модулей длиной по 4,5 м. Нагрузка при движении крепи создавалась специальным устройством, имитирующим силы сопротивления движению секций. Подача насосной станции регулировалась при помощи регулятора потока жидкости, включенного параллельно станции.

Выводы

Проведенные экспериментальные исследования подтвердили, что гидропривод с мягкой характеристикой не обеспечивает определенности движения крепи при непрерывном движении базы. Гидропривод же с жесткой характеристикой и синхронным движением секций, несмотря на изменение сил сопротивления движению секций в широком диапазоне, обеспечивает отклонение скорости движения секций в пределах 6...9%. Секции начинали движение практически одновременно. Степень синхронности работы гидроцилиндров подачи составляла 0,91.

Экспериментальные исследования показали, что применение регуляторов потока жидкости позволяет получить жесткую характеристику гидропривода передвижения механизированной крепи, обеспечить синхронное движения секций группы и в результате осуществить непрерывное движение базы фронтального агрегата на забой.

1. *Баландин А. А.* Исследование гидросистемы передвижения секций механизированных крепей и совершенствование методики их расчета. – Автореф. дис... канд. техн. наук – М., 1981. – 18 с.

2. *Суслов Н. И.* Гидравлические системы передвижения механизированных крепей с подпором кровли. – М.: ЦНИИЭИуголь, 1980. – 28 с.

3. *Обоснование параметров системы* передвижения крепи сопряжения и системы непрерывной подачи агрегата на забой: Отчет о НИР / МГИ. – М., 1984. – 74 с.

4. *Методика расчета и оптимизации* гидросистем механизированных крепей. – М.: ИГД им. А. А. Скочинского, 1983. – 238 с.

5. *Совершенствование гидропривода* механизированных крепей / Под общ. ред. А. В. Докукина – М.: Машиностроение, 1984. – 248 с.

6. *Буц Ю. В.* К вопросу поточной организации производства на угольных шахтах. – Уголь. – № 2. – 1966. – С. 47–50.

7. *Пастоев И. А.* Структура и функции системы передвижения очистного агрегата по пласту полезного ископаемого. – Изв. вузов. Горный журнал. – № 11. – 1985. – С. 94–97.