

ниженных кажущихся сопротивлений. Практика каротажа и электроразведочных исследований убедительно показывает, что в осадочном комплексе понижение значений ρ_k в большей степени обусловлена обводненностью массива пород.

Таким образом, из рассмотренного выше видно, что использование карт равных значений относительных параметров дает возможность получать контуры неоднородностей закрепного пространства на развертке по стенке ствола, а по знаку аномалий судить об обводненности неоднородностей закрепного пространства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент Украины №19548А МКИ G 01 V3/02. Способ выявления нарушений сплошности закрепного пространства вертикальных шахтных стволов / В.Т. Умрихин, В.В. Туманов, Н.Н. Киселев, В.Н. Седов, Н.Ф. Шевченко. - №94022375; Заявлено 10.02.94; Опубл. 25.12.97, Бюл. №6. - 19 с.

УДК 622.233.623

Л.М. Васильев, В.С. Демченко, С.В. Демченко **ОБОСНОВАНИЕ УСИЛИЯ ПОДАЧИ СТАНКА ДЛЯ БУРЕНИЯ СКВАЖИН МАЛОГО ДИАМЕТРА**

Наведено методику і результати експериментальних досліджень для визначення зусилля подачі станка під час буріння свердловин малого діаметру в вугільних та слабких гірських породах. Обґрунтована частота обертання бурового інструменту при бурінні порід міцністю $f \leq 5$ одиниць по шкалі професора М. М. Протодьяконова.

AXIAL ADVANCING FORCE FOUNDATION FOR BORE HOLE DRILLING

The method and experimental research results are presented to obtain the advancing force of drilling unit during bore drilling in coal and slight rocks. Rotary drilling cutting frequency for rock hardness with relative strength coefficient $f \leq 5$ after Prof. M.M. Protodyakonov is obtain.

Осевое усилие является основным параметром при вращательном бурении скважин и зависит от многих факторов, в том числе от глубины буримой скважины, частоты вращения бурового инструмента, скорости бурения и крепости угля или горной породы. Крепость угля в некоторых бассейнах страны достигает 3...5 единиц по шкале профессора М. М. Протодьяконова [1]. Кроме этого ДонУГИ [2] внедрен метод увлажнения пласта путем забуривания скважин по породам кровли или почвы с последующим выходом их в угольный пласт. Поэтому можно заключить, что бурение скважин может осуществляться по углям и породам различной крепости. Ориентируясь на угли и на наиболее распространенные твердые включения и вмещающие породы, принимаем, что станок должен бурить угли и породы крепостью до $f \leq 5$. В этом случае частота вращения бурового инструмента определится по формуле [3]:

$$n_{кр.} = 1000 - 100 \cdot f.$$

Тогда частота вращения при $f \leq 5$ составит $n = 500$ об/мин.

Для получения аналитического выражения усилия подачи станка, с учетом степени износа бурового инструмента, на буровом стенде были проведены экспериментальные работы [4] по бурению углещементных блоков различной крепости. В качестве режущего инструмента при бурении использовались коронки РУ-45, которые изготавливаются Анжерским машзаводом и коронки РП-42, производство которых освоил Краснолучский машзавод. Диаметр инструмента составлял 42...45мм, площадка износа его лезвий – 10...30 мм², а усилие подачи – 0,55...10 кН. Коэффициент крепости буримых блоков находился в пределах 0,9...5,6 единиц по шкале профессора М. М. Протодьяконова.

В результате экспериментальных исследований и аналитических преобразований выявленных зависимостей, были получены выражения для определения усилия подачи с учетом степени износа бурового инструмента при бурении углей:

$$P_n = 0,0107 \cdot f^2 \cdot L_c + \frac{425 \cdot V}{n_b \cdot (3,4 - 0,67 \cdot f - 0,0215 \cdot f \cdot L_c)}, \text{ кН}, \quad (1)$$

где V – скорость бурения, см/с; f – коэффициент крепости угля; L_c – глубина скважины, м.

$$L_c = \frac{S}{0,43 \cdot f}, \text{ м},$$

где S – площадка затупления резца, мм².

Усилие подачи при бурении слабых горных пород коронкой РП-42 определяется по формуле:

$$P_n = 0,0262 \cdot f^2 \cdot L_c + \frac{425 \cdot V}{n_b \cdot (0,74 - 0,051 \cdot f - 0,0084 \cdot f \cdot L_c)}, \text{ кН}, \quad (2)$$

где $L_c = \frac{S}{0,7 \cdot f}$.

Усилие подачи бурового станка прямопропорционально скорости бурения, начиная с некоторого минимального усилия подачи P_o . Но увеличение усилия подачи и соответственно скорости при вращательном бурении ограничено геометрией резцов, их стойкостью и интенсивностью удаления штыба из-под резца.

Из геометрических элементов резца на максимальную скорость бурения оказывает влияние его задний угол. Для бурового инструмента РУ-45 максимальная подача на оборот определится по формуле[3]:

$$h_{\max} = \frac{\pi \cdot D_p \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \frac{\psi}{2}}{\operatorname{ctg} \frac{\psi}{2} + 2 \cdot \pi \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \frac{\psi}{2}}, \text{ мм/об}, \quad (3)$$

где D_p – максимальный диаметр рассечки, мм; α – задний угол резца, град; ψ – угол рассечки резца, град.

Для резца РУ-45 $D_p=28,6$ мм, $\alpha=30^\circ$ и $\psi=70^\circ$. Подставляя эти значения в формулу (3) определим, что $h_{\max}=12,1$ мм/об.

Для бурового инструмента РП-42 максимальная подача на оборот вычислится по формуле:

$$h_{\max}=\pi \cdot d_p \cdot \operatorname{tg}(90-\gamma), \text{ мм/об}, \quad (4)$$

где γ – угол заточки, град; d_p – диаметр рассечки, мм.

Для резца РП-42 $\gamma=80^\circ$, $d_p=8$ мм. Подставляя эти значения в формулу (4) получим, что $h_{\max}=4,43$ мм/об.

Тогда скорость бурения, при которой задняя грань резца не касается забоя, определится по формуле:

$$V = n \cdot h$$

и при $n = 500$ об/мин составит для коронки РУ-45 10,1 см/с, а для коронки РП-42 3,7 см/с.

Найдем теперь скорость, которая может быть достигнута с учетом условий промывки скважины. Она определится по формуле [5]:

$$V_{\text{об}} = \frac{3600 \cdot F_k \cdot \left(V_n - \alpha \cdot \Phi \cdot \sqrt{d_{\text{ч}} \cdot \frac{\gamma_n - \gamma_{\text{ж.к.}}}{\gamma_{\text{ж.т.}}}} \right) \cdot (\gamma_{\text{ж.к.}} - \gamma_{\text{ж.т.}})}{S_{\text{ск}} \cdot (\gamma_n - \gamma_{\text{ж.т.}})}, \text{ м/ч}, \quad (5)$$

где F_k – площадь кольцевого пространства, см^2 ; $\gamma_{\text{ж.т.}}$ и $\gamma_{\text{ж.к.}}$ – удельный вес промывочной жидкости, закачиваемой в скважину и выходящей из скважины, соответственно, г/см^3 . В нашем случае для промывки используется вода, поэтому $\gamma_{\text{ж.т.}}=1$ г/см^3 ; $S_{\text{ск}}$ – площадь сечения скважины, см^2 . При диаметре скважины 4,5 см $S_{\text{ск}}=15,9$ см^2 ; γ_n – удельный вес разбуриваемой породы, г/см^3 ; Φ – коэффициент, зависящий от формы частицы, $\Phi=0,095$ (по данным литературы [5]); $d_{\text{ч}}$ – наибольший диаметр частиц, см; α – коэффициент, зависящий от площади поперечного сечения кольцевого пространства, от скорости вращения буровой штанги, режима течения промывочной жидкости в кольцевом пространстве и других факторов. При расчетах можно принимать $\alpha = 1,13 \dots 1,14$ [5]; V_n – скорость выходящего потока промывочного агента, м/с;

$$V_n = \frac{Q_n}{6 \cdot F_k}, \text{ м/с}, \quad (6)$$

где Q_n – производительность насосной установки, используемая для промывки, л/мин.

Площадь кольцевого пространства определится по формуле:

$$F_k = \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2), \text{ см}^2,$$

где D – диаметр скважины, см; d – наружный диаметр буровой штанги, см.

При $D = 4,5$ см и $d = 3,35$ см $F_k = 7,09$ см².

Скорость выходящего потока при $Q_n = 42$ л/мин и $F_k = 7,09$ см² вычислим по формуле (6). Она составит $V_n = 0,987$ м/с.

Удельный вес промывочной жидкости, выходящей из скважины найдем по формуле:

$$\gamma_{\text{ж.к.}} = \frac{\gamma_n \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot V_{\sigma} + \gamma_a \cdot Q_n}{\frac{\pi D^2}{4} \cdot V_{\sigma} + Q_n}, \text{ г/см}^3, \quad (7)$$

где γ_a – удельный вес промывочного агента, г/см³.

В нашем случае промывочный агент – вода, $\gamma_a = 1$ г/см³.

Удельный вес разбуриваемой породы, по данным литературы [5] составляет для углей $\gamma_n = 2$ г/см³, а для вмещающих горных пород – усредненный $\gamma_n = 2,8$ г/см³;

Q_n – производительность насосной установки, см³/мин. Производительность насосной установки УНР-02, используемой для промывки, по напорной характеристике при давлении 6МПа, составляет $42 \cdot 10^3$ см³/мин [3]; V_{σ} – скорость бурения, см/мин.

Принимаем максимальную скорость бурения, при которой резец не касается задней грани забоя. При бурении углей, как определено ранее, она составит $V_{\sigma} = 606$ см/мин, а при бурении слабых горных пород $V_{\sigma} = 222$ см/мин. Тогда, подставляя в формулу (7) найденные значения составляющих, определим удельный вес промывочной жидкости. При выполнении бурения углей он составит $\gamma_{\text{ж.к.}} = 1,19$ г/см³, а при бурении слабых пород $\gamma_{\text{ж.к.}} = 1,14$ г/см³. Теперь, подставив обоснованные значения составляющих в формулу (5), находим максимальные скорости бурения, которые могут быть достигнуты с учетом условий промывки. При бурении углей коронкой РУ-45 скорость бурения составит $V_{\sigma} = 286,2$ м/ч (8 см/с), а при бурении слабых горных пород коронкой РП-42 $V_{\sigma} = 114,4$ м/ч (3,2 см/с). Сравнивая скорости бурения, ограниченные геометрией резцов и скорости бурения, полученные по условиям промывки приходим к выводу, что максимально возможная скорость бурения составляет при бурении углей коронкой РУ-45 $V_{\sigma} = 8$ см/с, а при бурении слабых горных пород коронкой РП-42

$V_6 = 3,2$ см/с. В этом случае, подставляя в формулы (1, 2) обоснованные значения скорости вращения и подачи инструмента, различные значения его стойкости, выраженной глубиной пробуренной скважины, и коэффициенты крепости углей и горных пород, построим зависимости усилия подачи от коэффициента крепости буримой среды при различных площадках затупления лезвий инструмента (рис 1, 2).

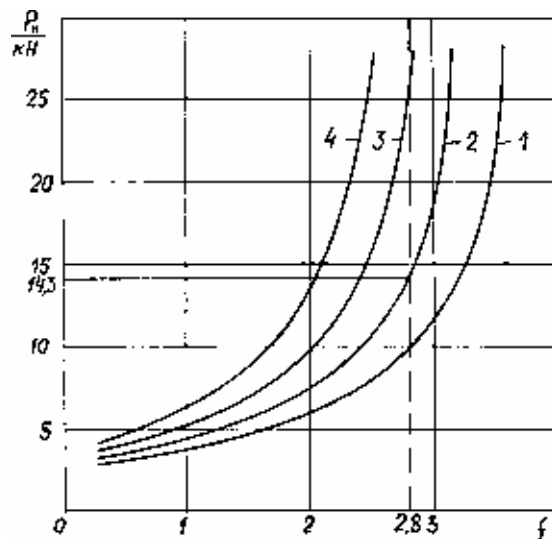


Рис. 1 – Расчетные значения усилия подачи от крепости углей при бурении со скоростью 8 см/с коронкой РУ-45 при различных значениях площадок затупления ее лезвий S : 1 – 15 мм²; 2 – 20 мм²; 3 – 25 мм²; 4 – 30 мм².

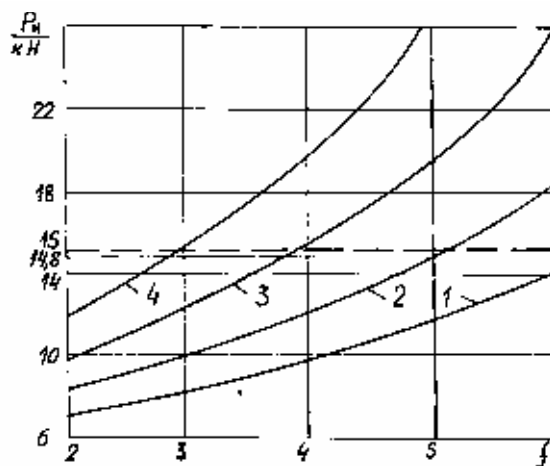


Рис. 2 - Расчетные значения усилия подачи от крепости слабых горных пород при бурении со скоростью 3,2 см/с коронкой РП-42 при различных значениях площадок затупления ее лезвий S : 1 – 15 мм²; 2 – 20 мм²; 3 – 25 мм²; 4 – 30 мм².

Для резцов диаметром 40...42 мм увеличение площадки затупления до 20...30 мм² практически приводит к настолько малым удельным подачам инструмента, что дальнейшее бурение такими резцами нецелесообразно. Так при $S = 25$ мм² углубление инструмента за один оборот резца составляет менее 40% величины подачи технически острого резца [6]. Поэтому анализируя выражения в

скобках в знаменателях формул (1, 2), принимаем допустимую площадку износа $S = 30 \text{ мм}^2$. Анализ показал, что формула (1) применима при бурении коронкой РУ-45 углей крепостью $f \leq 2,8$, а формула (2) применима при бурении коронкой РП-42 горных пород крепостью $f \leq 7$. В нашем случае, как отмечалось в начале статьи, крепость буримой горной породы не превышает $f=5$. Буровые коронки РУ-45 и РП-42 армированы твердосплавными пластинами ВК-8 и ВК-15. Максимальная осевая нагрузка на них, по данным различных исследователей, принимается в пределах 10...15 кН. Отметим все вышесказанные ограничения на полученных зависимостях.

Анализируя эти зависимости (рис. 1, 2) можно сказать, что максимальные скорости бурения углей крепостью $f = 2,8$ могут быть достигнуты при усилии подачи 14,3 кН с площадкой затупления резца $S=20 \text{ мм}^2$, а максимальные скорости бурения слабых горных пород крепостью $f=5$ могут быть достигнуты при усилии подачи $P_{\text{п}}=14,8 \text{ кН}$ с площадкой затупления резца $S = 20 \text{ мм}^2$.

Усилие необходимое для перемещения става определится по формуле [7]:

$$P_T = 9,8 \cdot Q_{CT} \cdot (\mu \cdot \cos \alpha + \sin \alpha), \text{ кН}, \quad (8)$$

где μ – коэффициент трения штанги о стенки скважины.

Обычно коэффициент трения стали по углю не превышает $\mu = 0,3$; α – максимальный угол бурения, град, $\alpha=73^\circ$; Q_{cm} – масса бурового става, кг.

$$Q_{cm} = q_{cm} \cdot L + Q_{\text{в}}, \text{ кг},$$

где q_{cm} – масса 1 погонного метра става, кг; L – длина бурового става, м; $Q_{\text{в}}$ – масса воды во внутренней полости става, кг.

Так как масса буровых труб равна 2,46 кг на 1 п. м, то масса всего става длиной 150 м составит 369 кг. При внутреннем диаметре трубы 23 мм, масса воды, находящейся во внутренней полости равна 62,3 кг. Тогда общая масса бурового става составит 431 кг. Подставляя в выражение (5) значения Q_{cm} , μ и α находим усилие на перемещение бурового става:

$$P_m = 9,8 \cdot 431 \cdot (0,3 \cdot \cos 73^\circ + \sin 73^\circ) = 4375,5 \text{ Н}.$$

Общее усилие подачи станка составляет:

$$P_c = P_{\text{п}} + P_T = 14,8 + 4,38 = 19,18 \text{ кН}.$$

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что проектируемый станок для бурения скважин малого диаметра должен иметь усилие подачи не менее 20 кН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Классификация горных пород и углей Кузнецкого бассейна применительно к задачам их механического разрушения. Технический отчет. – Прокопьевск: КузНИУИ, 1961 г. –53 с.

2. Алейников А.А. Основные результаты работ ДонУГИ по направленному бурению внутрипластовых технологических скважин // Борьба с пылью на угольных шахтах.-М.: ИГД им. А. А. Скочинского, 1969 г.-с.17-29
3. Демченко В С Обоснование параметров и создание машин для бурения длинных увлажнительных скважин: Дисс....канд. техн. наук – Днепропетровск, 1994 г. – 167 с.
4. Васильев Л. М., Демченко В. С. Формула усилия подачи буровых станков с учетом износа режущего инструмента. – Деп. ВИНТИ, 1988 г. – №2032 1388. – 10 с.
5. Федоров В. С. и др. Практические расчеты в бурении – М.: Недра, 1966 г– 204 с.
6. Алимов О. Д., Дворников Л. Т. Режимы вращательного бурения шпуров и пути увеличения производительности буровых работ // Разрушение горных пород механическими способами. – М.: Наука, 1966 г. – с. 25-29
7. Николаев А. Т. Разработка легких станков вращательного бурения скважин по углю на основе исследований рациональных параметров и режимов работы резцового инструмента: Дисс....канд. техн. наук – Днепропетровск, 1986– 135 с.

УДК 622.831.242-112.22

С.В. Кужель, Н.В. Хозяйкина

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВИВШЕГОСЯ ШАГА ОБРУШЕНИЯ В ЛАВЕ ПРИ НАЛИЧИИ В КРОВЛЕ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА СЛОЯ ПРОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

У роботі наведені результати аналітичних та лабораторних досліджень параметрів сталого кроку обвалення в лаві, яка має в основній покрівлі вугільного пласта шар міцного нетріщинуватого пісковика. Обґрунтована початкова математична модель об'єкта, що досліджується та встановлена залежність сталого кроку обвалення покрівлі від потужності пісковика, яка має лінійний характер і гарну збіжність з даними натурних спостережень.

THE ACCOUNT OF INDEXES OF A SET UP FAILURE STRIDE IN A DRIVE AT PRESENCE OF A COAL SEAM LAYER OF SOLID MINING ROCKS IN THE ROOFING

The results of analytical and laboratory research of indexes of a set up failure stride in a drive at presence of a coal seam layer of a solid non-fissured sandstone in the main roofing are given in the work. The initial mathematical model of an object investigated is substantiated, the dependence of a set up failure stride in the roofing on the power of the sandstone, which is of linear dependence character and has good convergence with the data of nature observations, is established.

Геологические условия разработки угольного пласта l_8 на ш. Белозерская ГХК “Добропольеуголь” характеризуются наличием в кровле песчаника мощностью до 14 м. Управление горным давлением в лавах, обрабатывающих пласт l_8 , осуществляется полным обрушением. Этот процесс обладает особенностями в силу наличия в основной кровле крепкого нетрещиноватого песчаника. На обрабатываемом горизонте 550 м фактически измеренные величины генерального обрушения составляют 90-110 м, шаг установившегося обрушения - 35-45 м.

Процесс обрушения сопровождается рядом специфических проявлений горного давления: увеличение нагрузки на механизированную крепь и крепь сопряжения, повышенное газовыделение в призабойное пространство лавы, пучение пород почвы в подготовительных выработках, динамические эффекты. Все это предполагает необходимость прогноза момента обрушения пород основной кровли с тем, чтобы технический и рабочий персонал имел