

УДК 622

ОБОСНОВАНИЕ ДЛИНЫ ТАМПОНАЖНОЙ ЗАХОДКИ ПРИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОМ УПРОЧНЕНИИ ГОРНЫХ ПОРОД В ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТКАХ

Попов В.А., студент гр. ФПс-161, V курс
Научный руководитель: Хямяляйнен В.А., д.т.н., профессор
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово
г. Кемерово

В процессе увеличения темпов добычи полезных ископаемых, в том числе угля, возрастает глубина и протяженность горных выработок. В том числе все чаще появляется необходимость проведения горных выработок в осложненных горно- и гидрогеологических условиях. Одним из осложняющих факторов является повышенный водоприток в скважины из бортов и кровли выработок, который повышает трудоемкость работ и расход материалов для крепления таких выработок в несколько раз.

Одним из эффективных способов подавления негативных факторов является тампонаж горных пород вокруг выработки [1-5]. Процесс тампонажа – это процесс инъекции в горную породу различных тампонажных растворов. Закачиваемые растворы проникают в массив, заполняют собой трещины и снижают проницаемость массива, попутно повышая прочность пород вокруг выработок, создавая своеобразную строительную конструкцию с достаточно высокой несущей способностью. Принципиальная схема технологии представлена на рис.1 [1].

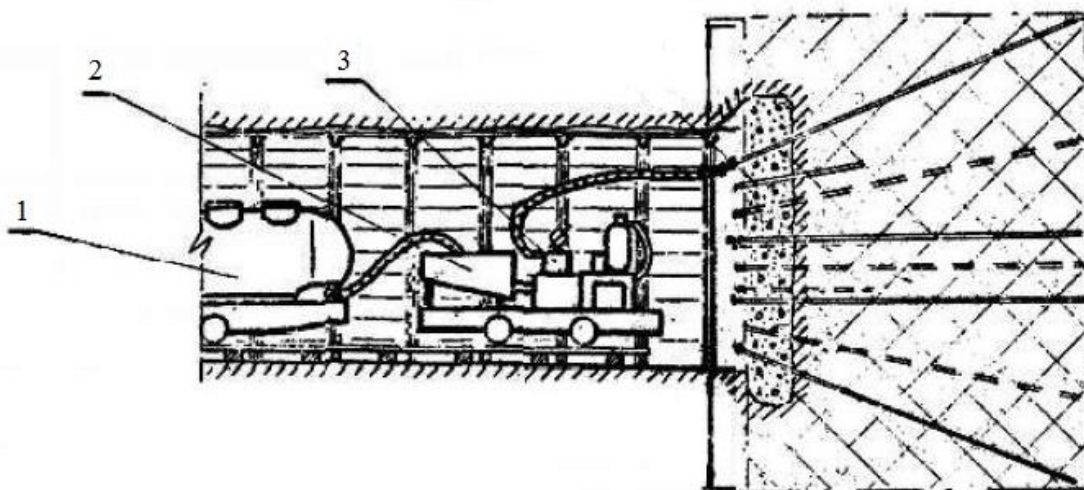


Рис. 1 – Технология проведения предварительного упрочнения горного массива с возведением бетонной перемычки:
1 – пневмобетономашинка; 2 – расходная емкость; 3 – насос.

Тампонаж горных выработок разделяется на две основные группы: предварительный и последующий тампонаж.

Последующий тампонаж выполняется после проведения и крепления горной выработки и служит для ликвидации притоков воды или для усиления действующей крепи.

Предварительный тампонаж выполняется через скважины, пробуренные с поверхности или из забоя выработок, до начала проходки стволов или горизонтальных горных выработок. А глубина, на которую бурится скважина перед закачкой тампонажного раствора, называется длиной заходки. Длина заходки в свою очередь может быть постоянной и переменной, в зависимости от схемы нагнетания тампонажного раствора.

Сущность технологической схемы тампонажа заходками постоянной длины (рис.2) заключается в бурении на глубину первой заходки двух или трех диаметрально расположенных скважин, их промывке, определении удельного водопоглощения и тампонажа [2]. Затем тампонажный камень разбуривают, скважины бурят на глубину второй заходки, выполняют тампонаж второй и следующих заходов в описанной последовательности.

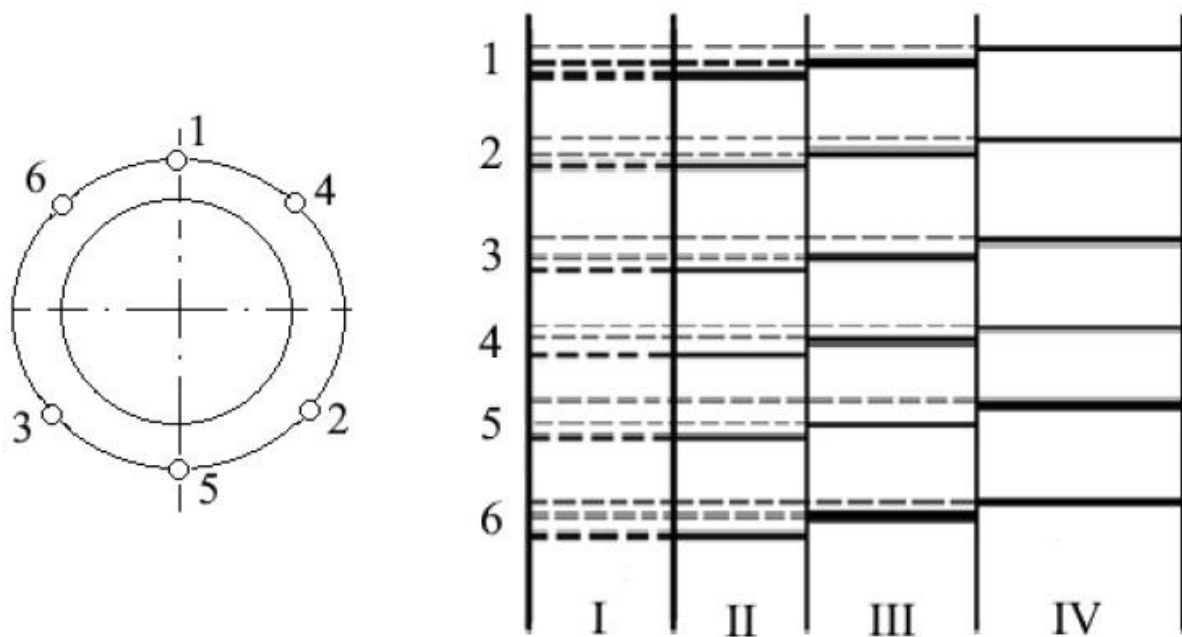


Рис. 2 – Схема тампонажа горизонтальной выработки заходками постоянной длины: расположение и очередность бурения тампонажных скважин по контуру выработки (слева); разделение тампонируемого массива на заходки (справа); пунктирная линия – разбуривание тампонажного камня; сплошная линия – бурение по породе; I–IV – заходки.

Основным недостатком данного метода будет являться значительная продолжительность буровых работ, большая часть которых проводится по схватившемуся и затвердевшему тампонажному камню. Схема целесообразна при проходке стволов по обводненным породам на глубину до 600 м и наличии в их разрезе не более двух типов водоносных горизонтов с различными фильтрационными свойствами.

Технологическая схема тампонажа заходками переменной длины (рис.3) имеет некоторые особенности [1]. В отличие от предыдущего метода на первом этапе бурят только одну скважину на определенную длину заходки. Производится закачка химического раствора (если предусмотрена технологией) и последующая закачка требуемого количества тампонажного раствора, после чего скважину углубляют ориентировочно на такую же длину заходки с последующим укреплением, не дожидаясь затвердевания укрепляющего раствора. Таким способом проводят проектное количество заходок с последующим тампонажем.

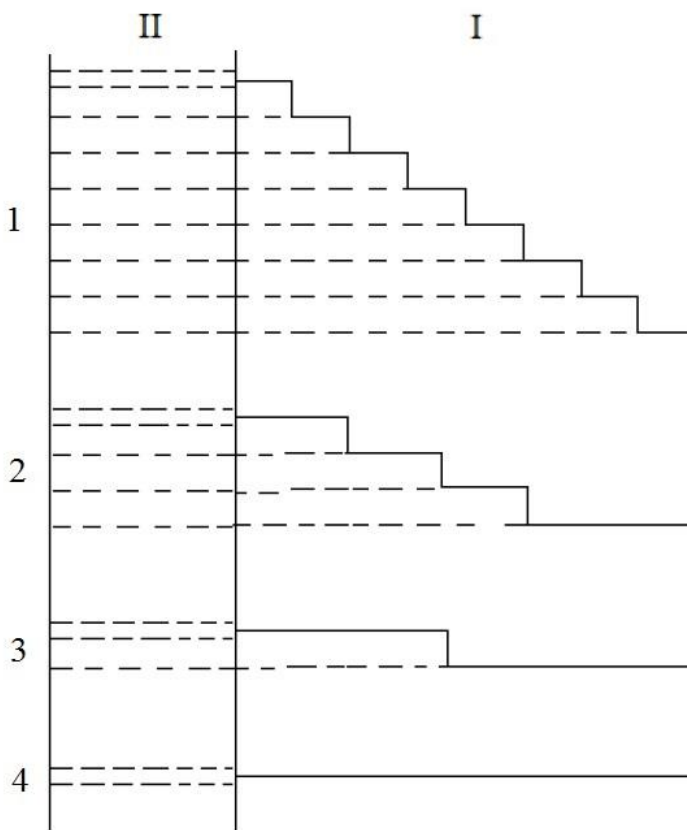


Рис. 3 – Схема тампонажа заходками переменной длины: I и II – зоны соответственно тампонажа и обсадки трубами; сплошная линия – бурение по породе, пунктирная – разбуривание тампонажного камня; 1-4 – номер скважины.

После этого приступают к бурению следующей скважины, у которой увеличивается длина заходки, но уменьшается их количество. Таким образом проходят еще некоторое количество скважин, последняя из которых проводится по тампонажному камню на конечную глубину за одну заходку.

На любом этапе проходки скважины бурение могут остановить в целях проведения пробной прокачки воды для определения водопоглощения скважины. Особенности тампонажа растворами на основе других составов подробно отражены в научной работе [3].

Для определения длины тампонажной заходки при проведении вертикальных скважин используют формулу [1]:

$$\begin{aligned}
 & (\gamma - \gamma_{\text{в}}) \frac{l^2}{2} + [P_{\text{м}} + \gamma h_{\text{ст}} + (\gamma - \gamma_{\text{в}}) h_{\text{п}}] l - \frac{\mu R m_0 v_{\text{кр}}}{k_0} l - \Delta P_{\text{ск}}^0 l - \int_0^l \Delta P_{\text{ск}}(z) dz = \\
 & = \frac{(\mu_{\text{в}} \ln \sqrt{c_{\text{в}}} - \mu) Q_{\text{ск}}}{2\pi k_0}, \quad (1)
 \end{aligned}$$

где γ – удельный вес раствора, Н/м³; $\gamma_{\text{в}}$ – удельный вес воды, Н/м³; l – длина тампонажной заходки, м; $P_{\text{м}}$ – давление создаваемое насосом, Па; $h_{\text{ст}}$ – высота от статического уровня воды до отметки установки насоса, м; $h_{\text{п}}$ – мощность пласта, м; μ – коэффициент динамической вязкости раствора, Па·с; R – радиус тампонажа, м; k_0 – коэффициент проницаемости массива, м²; $\Delta P_{\text{ск}}^0$ – потери давления на преодоление гидравлических сопротивлений движению раствора на непроницаемом участке скважины и в подводящем к скважине трубопроводе, Па; $\Delta P_{\text{ск}}(z)$ – потери давления на проницаемом участке скважины, Па; z – вертикальная координата, отсчитываемая от кровли водоносного горизонта, м; $Q_{\text{ск}}$ – расход тампонажного раствора в скважине, м³/ч; m_0 – коэффициент трещинной пустотности.

Данное выражение можно преобразовать и использовать для определения длины горизонтальной тампонажной заходки:

$$(\gamma - \gamma_{\text{в}}) \frac{l^2}{2} + P_{\text{м}} l - \frac{\mu R m_0 v_{\text{кр}}}{k_0} l - \Delta P_{\text{ск}}^0 l - \int_0^l \Delta P_{\text{ск}}(z) dz = \frac{(\mu_{\text{в}} \ln \sqrt{c_{\text{в}}} - \mu) Q_{\text{ск}}}{2\pi k_0}. \quad (2)$$

Для расчета длины тампонажной заходки можно использовать следующие исходные данные: $\gamma = 11500$ Н/м³; $\gamma_{\text{в}} = 9810$ Н/м³; $\mu_{\text{в}} = 1,17 \cdot 10^{-3}$ Па·с; $\mu = 1 \cdot 10^{-3}$ Па·с; $R = 5$ м; $m_{01} = 0,05$; $m_{02} = 0,15$; $m_{03} = 0,35$; $v_{\text{кр}} = 0,05$ м/с; $k_0 = 2,96 \cdot 10^{-13}$ м² (0,3 Да); $\Delta P_{\text{ск}}(z) = 50$ Па.; $c_{\text{в}} = 0,8$; $Q_{\text{ск}} = 15$ м³/ч. (0,004 м³/ч); $P_{\text{м}} = 10000$ Па; $\Delta P_{\text{ск}}^0 = 100$ Па.

Некоторые результаты расчетов в виде графической зависимости приведены на рис.4.

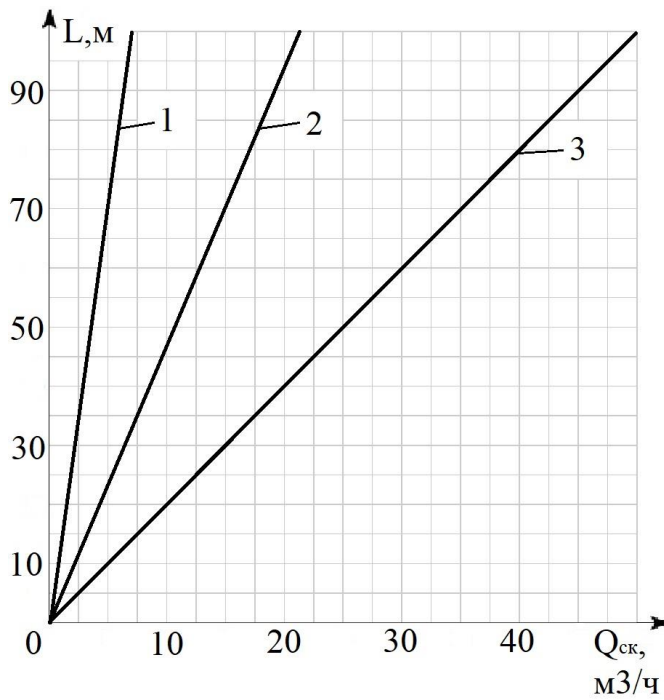


Рис. 4 – Зависимость длины тампонажной заходки от расхода закачиваемого тампонажного раствора для различных значений коэффициента трещиноватости: 1 – $m_{01} = 0,05$; 2 – $m_{02} = 0,15$; 3 – $m_{03} = 0,35$.

На основании данного графика можно сделать вывод, что при увеличении расхода тампонажного раствора увеличивается длина заходки. Данная зависимость меняется при изменении коэффициента трещиноватости массива, так как при увеличении объема пустот в тампонируемой породе, возрастает количество укрепляющего раствора, которое массив способен принять, и наоборот.

Технологическая схема предварительного тампонажа горизонтальных выработок заходками переменной длины имеет ряд преимуществ по сравнению с проведением тампонажа заходками постоянной длины. Самым главным достоинством можно считать существенное снижение объема проводимых по пустым породам и тампонажному камню буровых работ, уменьшается количество перестановок бурового станка. Это снижает время и трудоемкость проведения работ по закреплению выработки.

Список литературы:

1. Хямяляйнен, В. А. Формирование цементационных завес вокруг капитальных горных выработок / В. А. Хямяляйнен, Ю. В. Бурков, П. С. Сыркин. – М.: Недра, 1994. – 400 с.
2. Хямяляйнен, В. А., «Тампонаж горных пород» [Учебное пособие] / В. А. Хямяляйнен. – Кемерово: КузГТУ, 2020 г. – 246 с.
3. Комплексный метод тампонажа при строительстве шахт / Э. Я. Кипко, Ю. А. Полозов, О. Ю. Лушникова, В. А. Лагунов. – Днепропетровск: НГУ, 2004. – 367 с.
4. Максимов, А. П. Тампонаж горных пород / А. П. Максимов, В. В. Евтушенко. – М.: Недра, 1978. – 180 с.
5. Возведение противифльтрационных завес вокруг водоупорных перемычек / В. А. Хямяляйнен, Г. С. Франкевич, Ю. В. Бурков, В. А. Жеребцов, Л. П. Понасенко, И. А. Поддубный; под общ. ред. В. А. Хямяляйнена. – Кемерово: РАЕН, КузГТУ, 2000. – 115 с.