Записки Санкт-Петербургского горного института.
Т. 186. СПб, 1993

УДК 622.245.42

Н.И.НИКОЛАЕВ
(Санкт-Петербургский горный ин-т)

БЕСТРУБНОЕ ЗАКРЕПЛЕНИЕ НЕУСТОЙЧИВЫХ ИНТЕРВАЛОВ РАЗВЕДОЧНЫХ СКВАЖИН

Одним из наиболее распространенных видов геологических осложнений, возникающих при бурении скважин на твердые полезные ископаемые, является нарушение целостности ствола вследствие изменения естественного напряженного состояния окружающего массива горных пород. При этом закрепление стенок скважины с помощью обсадных труб требует перехода на меньший диаметр бурения, а использование тампонажных материалов для цементации трещиноватых пород мало эффективно, так как трещины, как правило, заполнены различными эпигенетическими образованиями или льдом, препятствующими проникновению в них тампонажного материала.

Разработанная в С.-ПГИ технологическая схема крепления скважин в интервалах неустойчивых горных пород позволяет сохранить заданный диаметр бурения и отказаться от использования дорогостоящих обсадных труб. Она предусматривает комплекс мероприятий, включающий в себя расширение ствола скважины в осложненном интервале на заранее определенную величину, заполнение расширенного участка быстротвердеющим вяжущим материалом и формирование в околоскважинном пространстве изолирующей крепи, способной воспринимать нагрузки со стороны массива, а также воздействие очистного агента и бурового снаряда со стороны скважины в процессе дальнейшей ее углубки. Исследование напряженно-деформированного состояния горных пород в закрепленном интервале скважины позволило получить следующие выражения для определения давления на изолирующую крепь[x]:

$$p_1 = \frac{\gamma_p H}{2G\left[\dfrac{(R_0+\delta)^2+R_0^2}{(R_0+\delta)^2-R_0^2} - \nu_к\right] + E_к}; \qquad (1)$$

$$p_2 = (1-\sin\varphi)(\lambda\gamma H + K\operatorname{ctg}\alpha)^{\frac{1}{1-\sin\varphi}} \times$$

$$\times \left(\frac{\sin\varphi E_к}{2G\sigma_{п.п}}\right)^{\frac{\sin\varphi}{1-\sin\varphi}} - K\operatorname{ctg}\varphi - \gamma_p H; \qquad (2)$$

[x] Н.И.Николаев. Технологическая схема крепления скважин малого диаметра и методика расчета крепи // Повышение эффективности и информативности технологии алмазного бурения скважин малого диаметра на твердые полезные ископаемые / ВИТР. Л., 1989.

$$p_3 = \left[(1-\sin\varphi)\left(\lambda\gamma H - \gamma_р H \quad \frac{\sigma_{сж}}{2}\right)\right] \times$$

$$\times\left\{\frac{E_к\left[\lambda\gamma H\sin\varphi + (1-\sin\varphi\,\frac{\sigma_{сж}}{2} - \gamma_р H\sin\varphi)\right]}{2G\sigma_{пл}}\right\}^{\sin\varphi}, \qquad (3)$$

где p_1, p_2 и p_3 – давление на крепь соответственно для упругой, упруго-пластической однородной и неоднородной моделей массива пород, Па; H – глубина изолируемого интервала, м; G – модуль упругости породы при сдвиге, Па; γ – удельный вес породы, Н/м^3; $\gamma_р$ – удельный вес бурового раствора, Н/м^3; K – сцепление, Па; φ – угол внутреннего трения, град; λ – коэффициент бокового распора; $\sigma_{пл}$ – предел прочности тампонажного камня при осевом сжатии, Па; $\sigma_{сж}$ – предел прочности породы при осевом сжатии, Па; $E_к$ – приведенный модуль упругости материала крепи, $E_к = E/(1-\nu_к^2)$, Па; E и $\nu_к$ – соответственно модуль Юнга и коэффициент Пуассона; R_0 – радиус скважины, м; δ – толщина изолирующей крепи, м.

Потребная толщина крепи и, соответственно, радиус расширяемого участка скважины определяется из решения известной задачи Ламе – Гадолина для толстостенного цилиндра[x]:

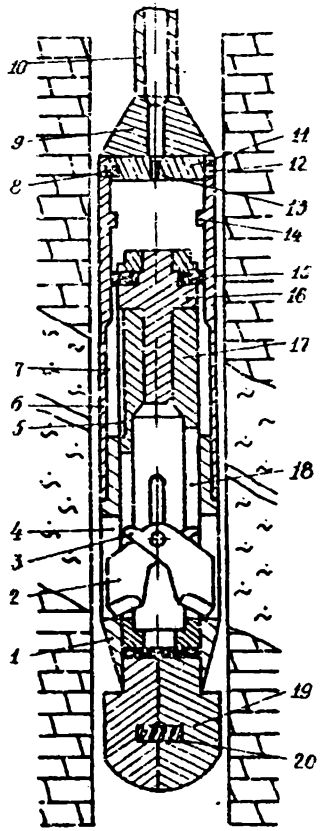
$$\delta = R_0\left(\sqrt{\frac{\sigma_{пл}}{\sigma_{пл} - 2p}} - 1\right). \qquad (4)$$

Расчетный анализ уравнений (1)–(4) показывает, что необходима величина расширения скважины в зоне крепления для большинства применяемых диаметров геолого-разведочного бурения и проектных глубин разведочных скважин, бурящихся на твердые полезные ископаемые, не превышает радиуса ствола скважины $\delta \le R_0$.

Такие значения δ делают реальным конструирование технических средств для беструбного крепления потенциально неустойчивых горных пород по предложенной технологической схеме. Примером ее реализации может служить разработанное в С-ПГИ специальное устройство (см. рисунок). Оно включает в себя корпус расширителя I с вертикальными прорезями 4 и раздвижными лопастями 2, снабженными коромыслами 3. Корпус I соединен с формующим элементом 6, внутри которого имеется кольцевая проточка 7, отверстия I2 и кольцевой упор I4, а также сдвижное кольцо II с осевым каналом I3, закрепленное в верхней части формующего элемента штифтом 8. В полости корпуса расширителя расположены подвижные элементы – поршень I6 с манжетой I5, толкатель I7 с вертикальными прорезями I8 и пазами 5 на наружной поверхности. В нижней части устройство содержит самораскрепляющуюся пробку I9 с пружиной 20, а в верхней соединено с колонной бурильных труб I0 с помощью переходника 9.

---

[x] Н.И.Николаев. Технологическая схема крепления скважин малого диаметра и методика расчета крепи // Повышение эффективности и информативности технологии алмазного бурения скважин малого диаметра на твердые полезные ископаемые / ВИТР. Л., 1989.



Устройства для беструбного крепления скважин

Устройство работает следующим образом. При возникновении вывалов из стенок скважины (например, при таянии льда, сцементировавшего сильно трещиноватые горные породы, под влиянием растепляющего воздействия очистного агента) буровой снаряд извлекают на поверхность и в осложненный интервал на бурильных трубах I0 опускают собранное устройство. При достижении устройством подошвы неустойчивых пород в него по бурильным трубам I0 закачивается вода, которая через канал переходника 9 и осевой канал сдвижного кольца I3 попадает в полость формующего элемента 6, воздействуя на поршень I6.

Поршень I6, соединенный с толкателем I7, перемещается вниз, при этом нижний торец толкателя I7 выдавливает саморасклинивающуюся пробку I9 из корпуса расширителя I. Пробка I9 под действием пружины 20 распирается в стволе скважины. После этого выключают буровой насос и устройство приподнимают над кровлей осложненного интервала. Затем по бурильным трубам I0 вновь подают воду и включают вращение бурового снаряда. Поршень I6 с толкателем I7 перемещаются вниз, при этом верхняя кромка прорезей I8 воздействует на коромысла 3 раздвижных лопастей 2. Лопасти внедряются в стенки скважины своей режущей частью. При достижении манжетой I5 кольцевой проточки 7 происходит перетекание воды через полость формующего элемента по вертикальным пазам 5 и далее через прорези I8 корпуса расширителя 4. Давление в нагнетательной линии падает, что свидетельствует о полном раскрытии лопастей 2.

Далее осуществляется вертикальное перемещение устройства вдоль оси скважины, расширяя ее на требуемую величину, при этом нагнетаемая вода охлаждает лопасти 2 и удаляет шлам из-под их режущих частей. Шлам, скапливаясь под пробкой I9, перекрывает ствол скважины и образует искусственный мост.

Затем устройство опускают до совмещения отверстий I2 с расширенной областью скважины. Через бурильные трубы I0 с потоком воды в устройство доставляется шаровой клапан, который перекрывает осевой канал I3. Под действием давления воды срезается штифт 8 и сдвижное кольцо II перемещается до упора I4, открывая отверстия I2. В этот момент давление в системе падает, что свидетельствует о готовности устройства к операции нагнетания тампонажного материала. Тампонажный материал по бурильным трубам I0, через осевой

канал 9 и отверстия I2 закачивается в пространство между стенками расширенного участка скважины и формующим элементом 6. Вращением устройства на уровне тампонируемой полости в околоствольном пространстве формируется труба из быстротвердеющего тампонажного материала, после чего оно извлекается из скважины.

По истечении времени, соответствующего набору достаточной прочности тампонажного камня, продолжают углубку скважины прежним диаметром.

Таким образом, аналитическое решение задачи по определению потребной толщины изолирующей крепи в комплексе с рассмотренным устройством позволяют реализовать технологическую схему беструбного крепления неустойчивых горных пород, уменьшающую затраты времени и материалов на проведение изоляционных работ.