

УДК 622. 25 (06)

В.А. Дмитриенко, Г.Г. Бадалян

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВЫХ АНКЕРОВ

Приведено математическое описание расширения полости в массиве грунта при нагнетании тампонажного состава. Проведено сравнение с опытными данными. Предлагается методика расчета параметров закрепления грунтовых анкеров. Результаты расчетов сравниваются с экспериментальными данными.

Ключевые слова: массив грунта, тампонажный состав, грунтовые анкеры, математическое описание.

Анализ опыта строительства вскрывающих выработок Восточного Донбасса за последнее десятилетие позволяет отметить постоянную тенденцию к усложнению условий их проведения. Например, для вскрытия поля шахты «Кадамовская» на участках длиной 95 м представленных склонными к оплыванию суглинками и глинами необходимо пройти три наклонных ствола. На шахте «Быстрянская 1-2» проектом предусмотрено прохождение двух наклонных и двух вертикальных стволов по обводненным пескам мощностью почти 100 м. Несмотря на дорогостоящие проектные решения принятые для строительства этих объектов, успешным их проходку трудно назвать, так как ликвидация возникших осложнений потребовала значительных затрат времени и финансовых средств. Строительство шахты «Кадамовская» после обрушения в стволе вообще остановлено на неопределенный срок. Это существенно усложняет привлечение инвестиций в угольную промышленность Ростовской области, так как заказчики требуют ввода в эксплуатацию объектов в кратчайшие сроки и с минимальными затратами.

Таким образом, совершенствование технологии строительства выработок в сложных горногеологических условиях приобретает особую актуальность. В этой связи, на наш взгляд, особого внимания заслуживает внимания опыт немецкой фирмы «ISCHEVССК» по применению буровых и впрессовываемых анкерных свай и нагелей «ТИТАН», которые повышают естественную плотность и когезию рыхлого материала, что увеличивает его прочность на сдвиг и растяжение. К тому же у грунтовых нагелей и свай в большей степени реализуется групповой эффект, за счет образования зоны давления в массиве грунта при формировании впрессовываемого тела. Поэтому приведенные положительные качества технологии «ТИТАН», могут быть использованы для формирования экрана из упрочненных нагелями и анкерами неустойчивых пород вокруг выработок, под защитой которого осуществляется выемка грунта. Наличие конструкций с большой несущей способностью по контуру вертикального ствола обеспечит надежное сцепление с ними бетонной крепи и соответственно возможность использования совмещенной схемы проходки

вместо высокозатратной последовательной.

Целью существующих методик проектирования закрепления грунтовых анкеров является определение их несущей способности на выдергивание [1].

$$F = km_p 2\pi R l_a P \operatorname{tg} \varphi, \quad (1)$$

где k - коэффициент однородности грунта; m_p - коэффициент учитывающий напряженное состояние грунта от действия избыточного давления; R , l - соответственно радиус и длина заделки; P - давление нагнетания раствора; φ - угол внутреннего трения пород.

При проектировании параметров установки анкеров по технологии «ТТАН» диаметр впрысванного тела, помимо механических характеристик грунта, зависит от давления нагнетания. Отсюда следует, что в правой части равенства (1) имеется два взаимозависимых параметра. Кроме этого не учитывается боковое давление массива пород, существенно изменяющееся с ростом глубины. Таким образом, можно отметить необходимость корректировки существующей методики проектирования.

Для решения этой задачи рассмотрена возможность математического описания процесса расширения полости передовой скважины нагруженной внутренним давлением. Поскольку впрысванное тело формируется по мере разбухания массива грунта, то есть равномерно удлиняется, то можем представить ее в определенный короткий момент времени Δt , в виде кольцевого диска. В этом случае, чтобы описать напряжения и деформации, возникающие в массиве при формировании впрысванного тела, в качестве расчетной схемы примем бесконечную пластину с круговым отверстием радиуса r к контуру

которого равномерно приложено избыточное давление нагнетаемого цементного раствора P . То есть рассматривается плоская осесимметричная задача в цилиндрической системе координат R и φ , ось которой совпадает с осью впрысванного тела.

К рассмотрению примем упруго-пластичную модель грунта с предположением о несжимаемости грунта и «впрысванного тела», как в упругой, так и в пластической зонах. Кроме этого интервал времени расширения полости от r до R_0 не превышает нескольких минут, что позволяет пренебречь релаксационными процессами и существенно упростить математическую постановку данной задачи. В этом случае радиальные и тангенциальные напряжения σ_R и σ_φ , деформации и перемещения определяются полярным радиусом R (рис. 1) при соблюдении условия равновесия [2]

$$\frac{\partial \sigma_R}{\partial R} + \frac{\sigma_R - \sigma_\varphi}{R} = 0 \quad (2)$$

и пластичности

$$\sigma_R - \sigma_\varphi = \frac{2K}{\sqrt{1+n^2}} \quad (3)$$

где: K - коэффициент сцепления; $n = \operatorname{tg} \varphi$, φ - угол внутреннего трения.

Подставив выражение (3) в уравнение (2) получим

$$\frac{\partial \sigma_R}{\partial R} = -\frac{2K}{R\sqrt{1+n^2}}. \quad (4)$$

Интегрируя (4) от r до R

$$\int_r^R \frac{\partial \sigma_R}{\partial R} dR = -\frac{2K}{R\sqrt{1+n^2}} \ln R,$$

получаем

$$\sigma_R - \sigma_r = \frac{2K}{\sqrt{1+n^2}} (\ln r - \ln R). \quad (5)$$

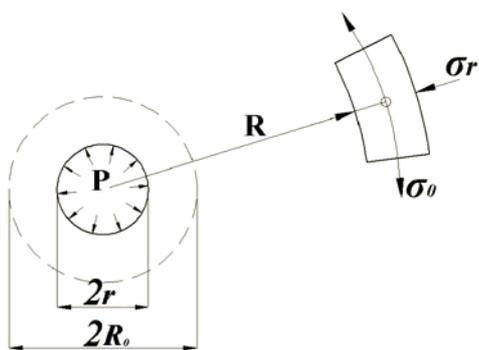


Рис. 1. Схема к расчету напряжений

В случае безграничной среды, т.е. когда $R \rightarrow \infty$, можно принять, что внешнее давление на стенку расширяющейся полости $q = \sigma_0$, тогда [3]

$$\sigma_R = \sigma_0 - \frac{(\sigma_0 + P)r}{R_0^2}, \quad (6)$$

где $\sigma_0 = \gamma h \lambda$ - гидростатическое боковое давление грунта, здесь: γ - объемный вес грунта; h - средняя глубина заделки анкера; λ - коэффициент бокового давления слоя пород.

Поскольку при $R_0 = r$ $\sigma_r = -P$ то, подставив равенство (6) в (5) получим

$$\sigma_0 - \frac{(\sigma_0 + P)r}{R_0^2} - P = \frac{2K}{\sqrt{1+n^2}} (\ln r - \ln R_0). \quad (7)$$

Это уравнение является трансцендентным, поэтому его решение будет приближенным. Учитывая, что давление нагнетания ограничивается вероятностью прорыва раствора к устью передовой скважины, то при известном его значении (определяется экспериментально) возможно решение уравнения (7) графическим методом. Для этого приравниваем обе части равенства (7) к параметру Y . Задаваясь шагом изменения радиуса расширяющейся полости ΔR , строим графики зависимости $Y = f(R)$ и $Y = f(R)$. Точка пересечения этих графиков будет представлять собой искомый

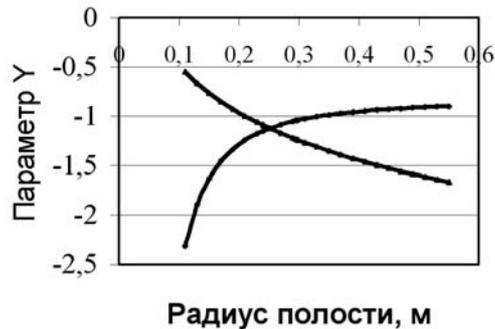


Рис. 2. Графики для определения радиуса расширяющейся полости

радиус формируемой полости (рис. 2). Таким образом, алгоритм проектирования параметров экрана из грунтовых анкеров будет следующим: по физико-механическим характеристикам грунтов и экспериментальным данным определяется максимальное давление нагнетания при установке анкеров; в соответствии с принятым давлением нагнетания и шагом изменения радиуса полости по формуле (7) и графиком функции определяется радиус впрессованного тела; по известным характеристикам анкерного стержня и размерам его заделки с помощью уравнений строительной механики рассчитывается момент сопротивления конструкции; для принятой величины заходки проведения выработки определяется изгибающий момент от действия горизонтальной составляющей горного давления и рассчитывается расстояние между грунтовыми анкерами; определяется диаметр расположения передовых скважин и количество анкеров для формирования защитного экрана вокруг выработки.

Результаты расчетов расширения передовой скважины сопоставлены с данными физического моделирования (рис. 3) выполненными с расчетным масштабом по линейным размерам 1:10.

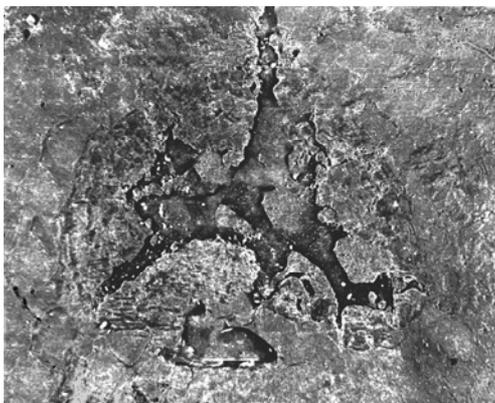


Рис 3. Модель формирования полости в суглинке

При давлении 0,84 МПа на моделях средняя величина зоны заполнения раствором равна 0,057 м, а по результатам расчетов для натуральных условий 0,504 м. Безразмерные величины расширения полости на модели и по расчету соответственно составляют 5,70 и 5,04.

Таким образом, ошибка, составляющая 13,1 %, при физическом моделировании сложных многофакторных систем является вполне приемлемой и подтверждает правомерность проведенных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Основания, фундаменты и подземные сооружения*/М.И. Горбунов-Посадов, В.А. Ильичев, В.И. Крутов и др.; под общ. Ред. Е.А. Сорочана и Ю.Г. Трофименкова. – М.: Стройиздат, 1985. – 480 с. – (Справочник проектировщика).

2. *Безухов Н.И.* Основы теории упругости, пластичности и ползучести. - М.: Высшая школа, - 1968. - 512 с.

3. *Пасиченко Ю.К., Серегин В.И., Ярошно М.С.* Взаимодействие волн напряжений со статическим полем при проходке выработок. // *Технология строительства горных выработок: Межвуз. сб. науч. тр./ Кузбасс. Политехн. ин-т. – Кемерово, - 1985. – С. 72 - 75. ПЛАН*

Коротко об авторах

Дмитриенко В.А. – доцент кафедры «Промышленное подземное, гражданское строительство и строительные материалы» Шахтинского института (филиала) Южно-Российского государственного технического университета (НПИ),
E-mail: siurgtu@siurgtu.ru

Бадалян Г.Г.А. – аспирант кафедры «Промышленное подземное, гражданское строительство и строительные материалы» Шахтинского института (филиала) Южно-Российского государственного технического университета (НПИ),
E-mail: siurgtu@siurgtu.ru

