

УДК 628.831

*А.И. Федоренко***ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАСПОЛОЖЕНИЯ
АНКЕРОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ОБНАЖЕНИЙ
ГОРНОГО МАССИВА**

Семинар № 17

Реальный скальный массив горных пород, окружающий выработку разбит трещинами, что всегда принимается во внимание при определении показателей свойств горных пород в массиве. В ряде случаев трещиноватость влияет не только на механические характеристики пород в массиве, но и, расчленив его на структурные элементы – блоки, придает ему новое качество, деформации которого оказываются связанными с взаимным смещением блоков.

Для повышения несущей способности такого массива ему необходимо придать связность путем, например, особой геометрии расположения анкеров в приконтурном массиве в сочетании с решеткой и набрызгбетоном, создав замкнутый контур.

С целью выявления рациональной геометрии расположения анкеров в приконтурном массиве в лабораторных условиях были проведены исследования устойчивости горных выработок на образцах из песчано-це-ментного состава в масштабе 1:75. Для придания определенной структуры массиву в него добавились древесные опилки в количестве пяти процентов от объема модели. Трещиноватость приконтурного массива создавалась путем помещения тонкой папирусной бумаги при заливке модели.

Анкеры, заранее прикрепленные к сетке размером $0,8 \times 0,8$ мм путем пайки, вставлялись в опалубку перед заливкой.

Исследовались следующие варианты расположения анкеров: по нормали к контуру выработки, под углом 60° с наклоном в сторону забоя и комбинированно – вертикально и наклонно таким образом, чтобы наклонные анкеры пересекали вертикальные (рис. 1)

Всего в образце располагалось восемь рядов анкеров, располагаемых в шахматном порядке. Для наглядного сравнения первая половина модели была закреплена анкерами с сеткой, а вторая не закреплена. Сетка расположения анкеров и их длина в модели составили соответственно 9×9 и 30 мм, что соответствует в натуре $0,7 \times 0,7$ и 2 м. Размеры выработки в модели принимались: ширина 40 мм, высота до плиты свода 30 мм, стрела подъема 10 мм, что соответствовало размерам выработки в натуре $3,0 \times 3,0$ м. Для соблюдения граничных условий расстояние от выработки до края массива принималось равным трем размерам выработки. Таким образом, размер модели составил $210 \times 210 \times 140$ мм.

Для создания неравномерно поля напряжений, действующего на контуре выработки была разработана модель, в которой использовалась зернистая среда. Всякая зернистая среда обладает следующими свойствами [1]:

- она не воспринимает растягивающих усилий;
- представляет вполне упорядоченное множество. В качестве зернистой

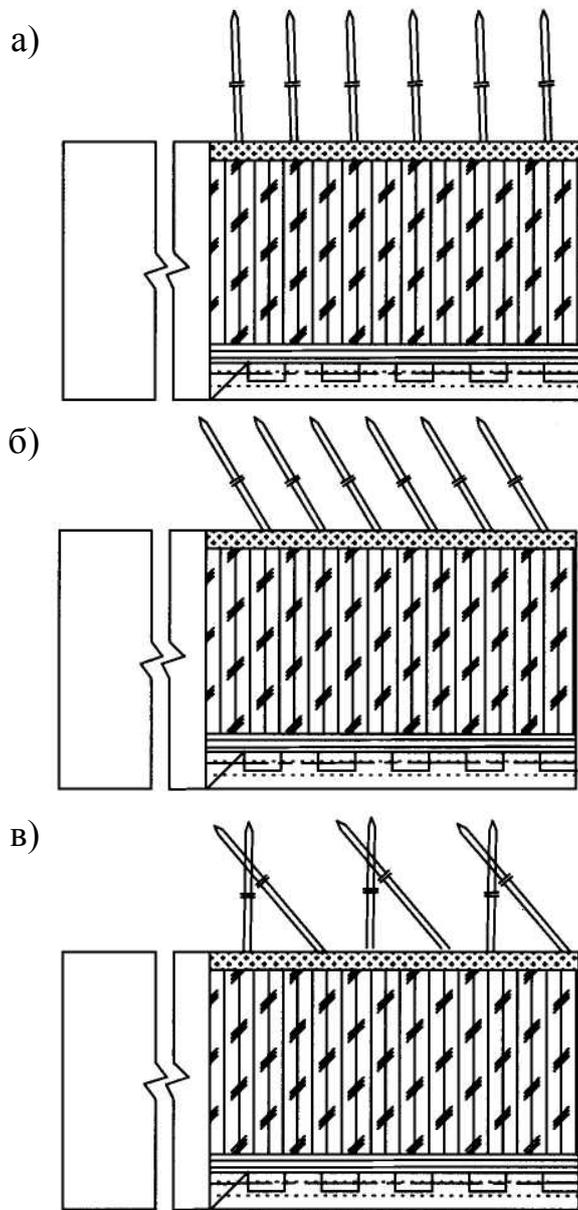


Рис. 1. Схема расположения анкеров: а – вертикально к кровли выработки; б – под углом 60° с наклоном в сторону забоя; в – комбинированное расположение

которому приложены реактивная сила, по величине и направлению представляющая равнодействующую всех сил взаимодействия двух частиц. При такой трактовке контакта каждая пара частиц может иметь только один рабочий контакт. Для наиболее плотной упаковки такой среды принимаем для пространственной задачи наиболее типичное у частиц шесть рабочих контактов.

Для проведения испытаний образцов был разработан специальный стенд, в передней части которого было предусмотрено окно для наблюдения процессов деформирования контура выработки.

Перед испытаниями образец помещался в каркас, между стенками которого, и моделью засыпались металлические шарики диаметром 8 мм, сверху модель засыпалась шариками на высоту 20 мм. Далее на шарики, как показано на рис. 2, укладываются металлические бруски размером $20 \times 40 \times 135$ мм, между которыми поме-

среды в модели были приняты стальные шарики диаметром восемь мм.

Непременным условием взаимодействия таких частиц является наличие между ними точек контакта. Под контактом в данном случае понимается точечные соприкосновения двух частиц, к

шлась резина с различным модулем упругости для компенсации части вертикальных напряжений. При засыпке шарики уплотнялись, чтобы получилась плотная их укладка (число рабочих контактов у частиц равнялось шести). Модель помещалась под пресс, развиваю-

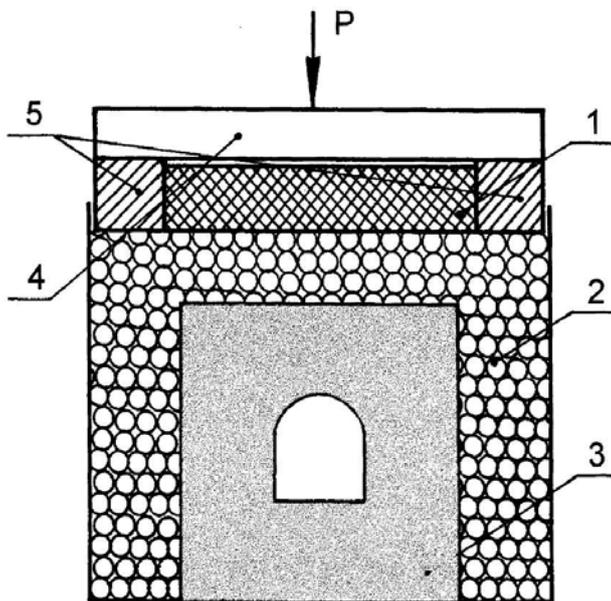


Рис. 2. Схема модели: 1 – резина; 2 – металлические шарики; 3 – образец; 4 – площадка; 5 – металлические бруски

Анализ видеоматериалов исследований показал, что при традиционном расположении анкеров (вертикально к кровли выработки) при нагрузке 200 кН начинается шелушение незакрепленной части выработки, отслоение отдельных кусков породы со стороны свода незакрепленной части выработки, начинается отслоение анкеров с сеткой от кровли выработки. При средней нагрузке 250 кН происходит разрушение выработки на сопряжении стенок

и почвы выработки, а при нагрузке 270 кН образовался опасный провис сетки с анкерами во внутрь выработки, и она полностью потеряла несущую способность.

При наклонном расположении (рис. 1, б) анкеров характер деформации выработки аналогичен вышеописанному – процесс деформирования начинается с незакрепленной части выработки. Однако следует отметить, что при нагрузке 300-350 кН кровля выработки закрепленной части находилась в удовлетворительном состоянии, а почва выработки была выдавлена во внутрь выработки на 20-25 мм.

При воздействии усилия P на площадку 4, последняя передает усилие на металлические бруски 5, которые воздействуют на шарики 2. Металлические шарики, находящиеся между стенками модели и каркаса создают усилия на боковые стенки образца 3. Так как помещенная в верхней части резина 1 обладает необходимой упругостью, то под действием вертикальной нагрузки P она воспринимает часть деформации на себя, и таким образом вертикальная нагрузка оказывается меньше горизонтальной. За счет разной упругости резины 1 можно создавать неравномерное поле напряжений, в котором горизонтальные напряжения будут превышать вертикальные. Всего было испытано 11 образцов.

При комбинированном расположении анкеров (рис. 1, в) при доведении нагрузки до 500 кН произошло выдавливание почвы выработки, обрушение кровли и боков незакрепленной части выработки, обрушение отдельных кусков из боков выработки. Кровля закрепленной части находилась в удовлетворительном состоянии – отслоений сетки с анкерами не установлено.

Для сравнения были проведены исследования, когда вся выработка была не закреплена. При нагрузках 150-170 кН начинается отслоение отдельных кусков породы со стороны кровли выработки, отдельные незначительные обрушения со стороны боков выработки. При нагрузке 210 кН произошла потеря устойчивости приконтурной части выработки. Выдавливание почвы выработки во всех опытах не установлено. Это, на наш взгляд, объясняется тем, что когда выработка не закреплена, то разрушение начинается при значительно меньших предельных нагрузках, которых достаточно для начала разрушения наиболее лимитирующего элемента выработки – кровли.

Выводы

1. В условиях неравномерного поля напряжений, в котором горизонтальные напряжения превышают вертикальные, для повышения несущей способности приконтурного массива анкеры должны устанавливаться по наклонной и комбинированной схемам, которые повышают несущую способность кровли выработки до 13 %.

2. В тех случаях, когда имеется вероятность выдавливания почвы выработки, рекомендуется в ней также устанавливать анкера по комбинированной или наклонной схемам.

3. Наклонное и комбинированное расположение анкеров в массиве, на наш взгляд, будет особенно эффективно в удароопасном массиве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кондауров И.И.* Механика зернистых сред и ее применение в строительстве. 2-е изд., испр. и , перераб. – Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние. – 280 с. **ГИАБ**

Коротко об авторах

Федоренко Анатолий Иванович – кандидат технических наук, профессор, директор Осиниковского филиала СибГИУ.

