

УДК 622.257.1

Ю.В., Бурков

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ИНЪЕКЦИОННОГО УПРОЧНЕНИЯ ПОРОДНЫХ МАССИВОВ

Перспектива освоения больших объемов подземного пространства в сложных горно-геологических условиях при сильной нарушенности вмещающих пород предъявляет повышенные требования к рациональному назначению паспортов крепления капитальных горных выработок, что приобретает особое значение при имеющейся тенденции к сокращению трудовых и материальных ресурсов и необходимости повышения эффективности капитальных вложений.

На сегодняшний день достигнуты значительные успехи в развитии механики подъемных сооружений. Однако существующее положение по проектированию и возведению породобетонных крепей горизонтальных горных выработок, проводимых в трещиноватых породах, не имеет достаточного научного обоснования.

Выполненный анализ производственного опыта и проектных решений возведения породобетонных крепей, литературных источников, а также патентный поиск позволили установить, что:

- объем проведения капитальных горных выработок в зонах геологических нарушений в слабоустойчивых трещиноватых, нарушенных породах только на шахтах Кузнецкого угольного бассейна составляет до 25-30%. В связи с ежегодным увеличением глубины разработки и ухудшением горно-геологических условий в дальнейшем эта цифра будет возрастать;

- традиционные типы крепей с высокой гру-

зонесущей способностью (монолитная бетонная, металлобетонная, тубинговая и т.д.) в этих условиях не всегда обеспечивают нормальную эксплуатацию капитальных горных выработок;

- в качестве основного средства поддержания выработок в устойчивом состоянии в трещиноватых, нарушенных породах все шире используется упрочнение вмещающего породного массива. Применение породобетонной крепи позволяет значительно облегчить условия работы традиционных типов крепи, а в ряде случаев вообще отказаться от них.

Таким образом, становится очевидной необходимость проведения исследований, направленных на изыскание дополнительных резервов несущей способности породобетонной крепи, возводимой непосредственно в забое при наличии необходимой трещиноватости вмещающего массива, когда вследствие инъекции скрепляющего раствора вокруг выработки образуется оболочка упрочненных пород, механические характеристики которой превышают соответствующие свойства окружающих пород.

В МГГУ совместно с КузНИИшахтостроем была разработана методика определения параметров породобетонных крепей, в основу которой легла расчетная схема в виде неоднородной линейно-деформируемой среды, ослабленной вырезом произвольной формы. Параметры напряженно-деформированного состояния оболочки из уп-

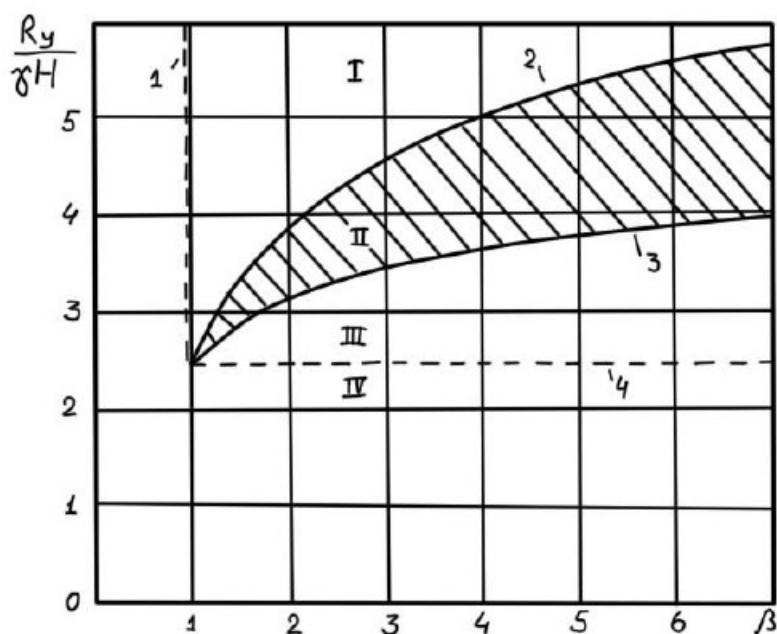


Рис. 1. График для определения области перемещения упрочнения трещиноватых пород

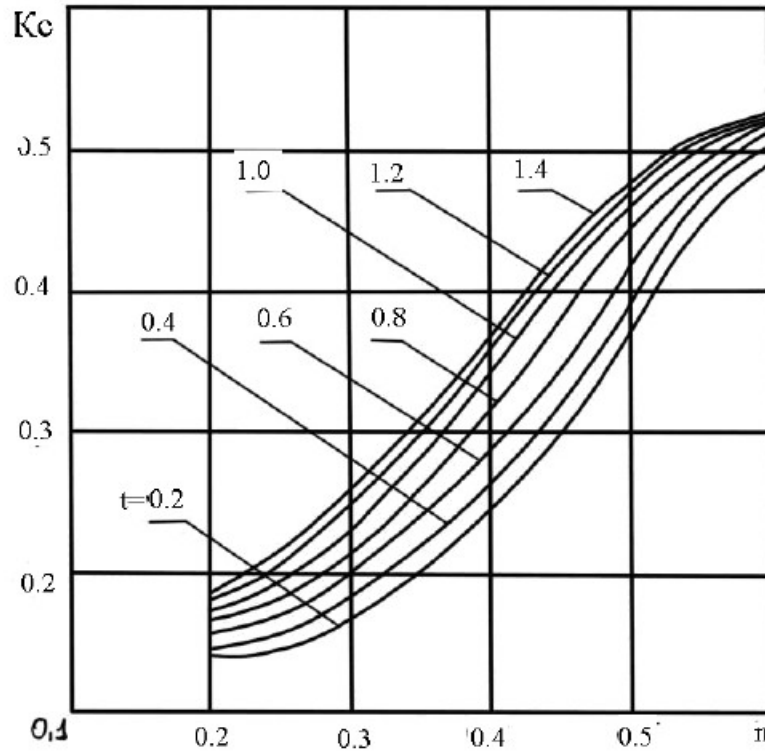


Рис. 2. График для определения относительных размеров оболочки упрочненных пород постоянной толщины

рочненных пород определялись из решения плоской контактной задачи теории упругости. Для реализации методики в автоматизированном режиме была разработана программа для ЭВМ, реализующая метод конечных элементов (МКЭ), которая позволяет проводить многовариантные численные эксперименты по отысканию рациональных параметров породобетонных крепей.

В результате многовариантных расчетов на ЭВМ при варьировании значениями параметров в реальных диапазонах изменения последних, наиболее характерных для условий Кузбасса, их обработки и обобщения были получены графики (рис. 1 и 2), позволяющие определить минимально необходимую в рассматриваемых условиях толщину упрочненной оболочки, обеспечивающую устойчивое состояние выработки.

Исходными данными для определения толщины оболочки упрочненных пород, наряду с ее геометрическими параметрами, являются также значения показателей прочностных и деформационных свойств пород в зоне упрочнения и в глубине массива. Прочностные свойства массива в зоне упрочнения R_y и вне ее R характеризуются пределом прочности пород на одноосное сжатие, а деформационные – отношением β модулей деформации упрочненных E_y и неупрочненных E пород. Определение параметров упрочнения производится в два этапа.

На первом этапе необходимо оценить возможность, а так же целесообразность применения

способа упрочнения в рассматриваемых условиях. Для этого, определив по известным методикам, например [1], значения R_y и g , надо на графике (рис.1) отыскать точку, отвечающую рассматриваемым условиям, т.е. с координатами $(R_y/gH, \beta)$. Попадание точки внутрь заштрихованной области, ограниченной линиями 2 и 3 (область II), означает, что условия поддержания выработки в устойчивом состоянии могут быть обеспечены путем создания оболочки упрочненных пород, толщина которой лежит в пределах от 0,5 до 3 м.

Область III, ограниченная линиями 3 и 4, соответствует такому сочетанию деформационных и прочностных свойств упрочненных пород, при котором устойчивость выработки может быть обеспечена только упрочнением пород на глубину свыше 3 м. Однако создание упрочненной оболочки с такими параметрами нетехнологично и трудновыполнимо, поэтому не может быть рекомендовано для производства работ по упрочнению и в этой связи не рассматривалось.

Если полученная точка лежит в области IV, то в этом случае устойчивое состояние выработки недостижимо при любой толщине упрочненной оболочки и, следовательно, в этих условиях использование инъекционного упрочнения принципиально невозможно.

В том случае, когда деформированные и прочностные свойства пород таковы, что точка с координатами $(R_y/gH, \beta)$ лежит в области I, ограниченной линиями 1 и 2, устойчивое состояние

выработки может быть обеспечено упрочнением пород на глубину менее 0,5 м. Однако этот случай относится не к инъекционному упрочнению, а скорее к глубинному тампонажу, в связи с чем не является предметом исследований.

Таким образом, на первом этапе помимо информации о целесообразности применения инъекционного упрочнения пород, а так же о возможных путях, делающих этот способ осуществимым, имеется возможность получить ориентировочное представление о необходимой толщине упрочненной оболочки.

В случае возможности применения инъекционного упрочнения на втором этапе уже по другому графику (рис. 2) определяется точное значение необходимой толщины упрочненной оболочки. Поскольку результаты исследований предполагалось использовать в Кузнецком бассейне, где для оценки условий проведения и поддержания выработок широко используется коэффициент устойчивости n [2], было признано целесообразным определять толщину зоны упрочнения в зависимости именно от этого показателя. При этом, входящий в него коэффициент структурного ослабления K_c при пустотности менее 10-15% может ориентировочно приниматься равным обратной величине отношения деформационных свойств упрочненных и неупрочненных пород b [1]. Замена показателя b на K_c позволяет подойти к вопросу определения параметров упрочнения с единых позиций расчета крепей [2] для этого бассейна.

Согласно рекомендациям [2], упрочнение пород целесообразно проводить при значениях коэффициента устойчивости $n < 0,5$. В условиях возможного влияния соседних выработок или очистных работ толщина упрочненной оболочки принимается постоянной по периметру поперечного сечения выработки. При отсутствии пучения пород почвы упрочнение следует производить только в боках и кровле выработки.

Для получения обобщенных зависимостей исследования велись с использованием безразмерного показателя – относительной толщины

упрочненной оболочки t , представляющей собой отношение реального значения толщины оболочки T к радиусу оболочки r . Относительная толщина упрочнения определяется по графику, изображенному на рис. 2.

Толщину упрочненной оболочки T определяют в следующей последовательности. На первом этапе вычисляется коэффициент устойчивости n и находится коэффициент структурного ослабления K_c для рассматриваемых условий. Затем из соответствующей точки на оси абсцисс (шкала изменений n) восстанавливается перпендикуляр до его пересечения с перпендикуляром к оси ординат, проведенным из точки с заданным значением коэффициента структурного ослабления K_c . Величина относительной толщины упрочненной оболочки t находится интерполяцией интервала ее значений, соответствующих кривым, расположенным выше и ниже точки пересечения перпендикуляров. По определенной таким образом величине относительной толщины упрочненной оболочки t реальная ее толщина T рассчитывается по формуле $T = t \cdot 0,63 S n$, где $S n$ – площадь выработки проходке.

Таким образом, в процессе многовариантного численного моделирования на ЭВМ полученные данные, которые были интерпретированы графически (рис. 1 и 2), позволяют оценить возможность эффективного использования упрочнения, а в случае наличия таковой определить оптимальную толщину оболочки упрочненных пород, обеспечивающую устойчивость выработки. Результаты исследований легли в основу методики графического определения толщины упрочненной оболочки пород для наиболее распространенных горно-геологических условий. Следует отметить, что приведенные номограммы (рис. 1 и 2) позволяют определить параметры упрочнения хотя и в широком, но, тем не менее, ограниченном диапазоне условий. При необходимости определения толщины зоны упрочнения в условиях, не ограниченных выше, следует подготовить исходные данные и провести дополнительные расчеты по разработанной программе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурков Ю.В., Комбинированные инъекционные крепи. / Ю.В. Бурков, В.А. Хмяляйнен, Г.С. Франкевич / КузГТУ, Кемерово, 1999, 298с.
2. Методика автоматизированного проектирования крепей капитальных горных выработок для условий Кузнецкого угольного бассейна – Кемерово / КузНИИшахтострой. 1988.-119с.

□ Автор статьи:

Бурков
Юрий Васильевич,
докт. техн. наук, проф. каф.
теоретической и геотехнической
механики КузГТУ
Email: byuv.tgm@kuzstu.ru