

УДК 622.284.4

Саратова А.Ю., студ., Ганшина Е.И., студ., Литвинский Г.Г., д.т.н., проф., ДонГТУ,
г. Алчевск, Украина

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ЗАТЯЖКИ ШАХТНОЙ КРЕПИ

При креплении капитальных горных выработок рамными конструкциями крепи наибольшее распространение в настоящее время получили железобетонные затяжки. Они способны обеспечить длительную эксплуатацию выработки в условиях высокого горного давления. Однако у них есть ряд существенных недостатков, среди которых основным является их большая масса (22 кг) и стоимость (20 грн. / шт. или 2,4 долл./шт.), причём потребность таких затяжек на 1 пог. м выработки достигает 50 шт. и более. Затяжки при креплении укладывают вручную, их большая масса приводит к высоким трудовым затратам. При повышенном горном давлении затяжки разрушаются (рис. 1).

Как показали исследования, проведённые в ДонГТУ [1], характерными видами деформаций железобетонных затяжек являются: первичные трещины в бетоне, смятие углов и кромок, излом в пролётной части без и с разрывом арматуры, соскальзывание конца затяжки с фланца спецпрофиля, смятие затяжек при податливости крепи из-за уменьшения её периметра. Из всех видов деформаций лишь первичные трещины могут считаться допустимыми.



Рисунок 1 – Деформации железобетонных затяжек

Средневзвешенная надёжность железобетонных затяжек по массиву обследованных выработок составляет в кровле 0.68; в боках - 0.80, а на участках с активным проявлением горного давления (в зоне влияния очистных работ) не превышает 0.5. Хрупкий характер разрушения железобетонных затяжек и возможность их соскальзывания со спецпрофиля крепи из-за слабого защемления концов вызывает опасность внезапных вывалов породы в выработку и травматизма горнорабочих. Поэтому разработка и оптимизация конструкции затяжки представляет собой актуальную научную задачу.

внечтренное сжатие и изгиб, что сопровождается образованием трещин и сколов бетона, разрывом арматуры.

Целью исследования являлось определение резервов повышения несущей способности железобетонных затяжек при одновременном снижении их массы.

Основная идея исследований состояла в том, чтобы на основе изучения особенностей и закономерностей работы затяжки, установленной на рамную податливую крепь разработать и обосновать необходимую ее несущую способность, требуемую схему армирования, за

Анализ работы железобетонных затяжек показывает, что они, как правило, испытывают

счет чего повысить технико-экономические показатели затяжки путем уменьшения ее массы и стоимости.

Задачами исследовательской работы по изучению железобетонной затяжки были:

- анализ состояния вопроса;
- проведение патентных исследований для выявления основных тенденций развития конструкций железобетонных затяжек;
- выбор и обоснование расчётной схемы затяжки;
- определение требуемой несущей способности затяжек в соответствии с несущей способностью рамной податливой крепи;
- исследование зависимости несущей способности затяжки от площади армирования и высоты защитного слоя;
- разработка оптимальной по армированию и толщине железобетонной затяжки с высокой несущей способностью;
- оценка технико-экономического эффективности применения в промышленности рекомендуемой железобетонной затяжки.

Для решения поставленной задачи использовались: аналитический метод исследований, теория расчёта железобетонных конструкций, опыт проектирования и эксплуатации железобетона [2,3]. Расчёты производились с помощью системы компьютерной алгебры из класса систем автоматизированного проектирования, ориентированной на подготовку интерактивных документов с вычислениями и визуальным сопровождением MathCad.

Железобетонная затяжка рассматривалась в рамках известной расчётной схемы как однопролётная балка под действием внешней самой неблагоприятной нагрузки со стороны пород – сосредоточенной силы в середине пролёта. При поперечном изгибе затяжки взаимодействие сжатой зоны бетона и арматуры в растянутой зоне показано на рис. 2. Для определения зависимости несущей способности затяжки от особенностей её конструкции (армирования и толщины сжатой зоны бетона) была разработана компьютерная модель в рамках математического пакета MathCad, с помощью которой были построены графики искомой зависимости несущей способности затяжки от основных влияющих факторов (рис. 3):

$$F = f(A, B_c, h_z, h), \quad (1)$$

где A – площадь армирования растянутой зоны ж/б затяжки, м^2 ;

B_c – прочность бетона на сжатие, МПа;

h_z – высота защитного слоя, м;

h – высота затяжки, м.

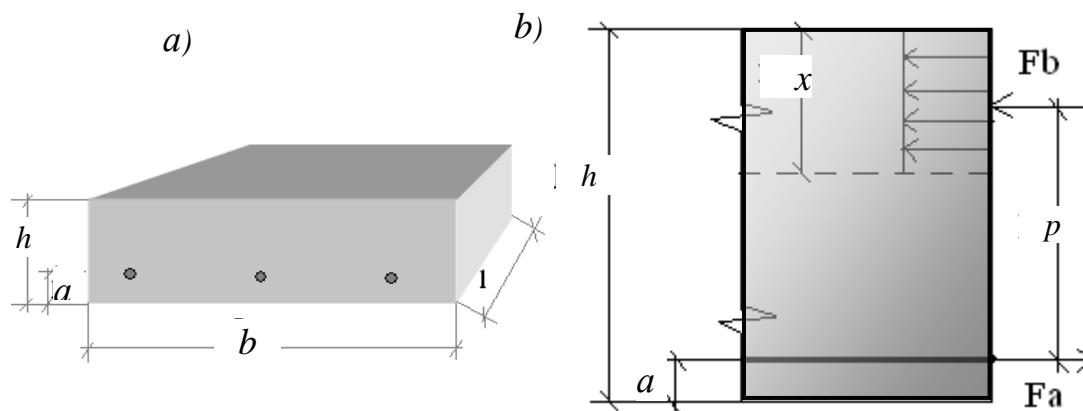


Рисунок 2 – Общий вид (а) и расчётная схема (б) железобетонной затяжки

В результате на основании разработанного алгоритма получили важные зависимости несущей способности затяжки F (Н) от площади арматуры A (м^2).

На рис. 3 изображены сверху вниз: 1,2,3 - графики несущей способности стандартных затяжек по мере уменьшения толщины защитного слоя 15,10, 5 см, нижняя кривая 4 - оптимизированная затяжка, у которой толщина h уменьшена на 20%, – с 50 до 40 мм.

Следовательно, при уменьшении толщины защитного слоя затяжки заметно увеличивается и её несущая способность F , Н. Однако уменьшать защитный слой a до нуля нельзя по технологическим условиям и особенностям взаимодействия арматуры с бетоном. Так как требуемая по нормам несущая способность затяжки должна быть равна 3,5-3,8 кН, достаточно использовать оптимизированную железобетонную затяжку с площадью арматуры $1,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ и толщиной защитного слоя 50 мм. Большая толщина защитного слоя нецелесообразна по условиям работы железобетона в выработке, где нет циклов замораживания и оттаивания.

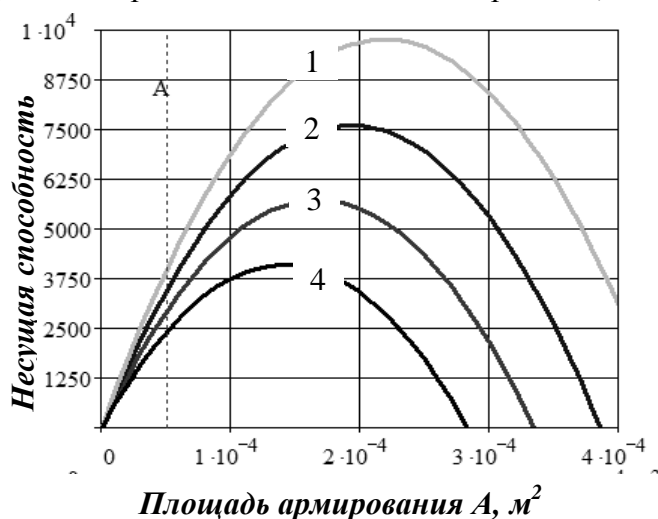


Рисунок 3 – Расчётные графики зависимости несущей способности затяжки F , Н от площади её армирования A , м^2 при разной толщине защитного слоя a , м.

Выводы:

1) нашедшие широкое распространение в угольной промышленности ж/б затяжки излишне массивны и дороги, что ведёт к перерасходу материальных и трудовых затрат при креплении горных выработок;

2) проведенными исследованиями установлено, что можно значительно уменьшить материалоёмкость железобетонной затяжки путём оптимизации её конструкции;

3) в настоящее время при существующей технологии изготовления и промышленного использования железобетонной затяжки допустимо уменьшить её толщину на 20%, изменив её арматурный каркас и его пространственное расположение;

4) переход на оптимальную конструкцию ж/б затяжек позволит снизить их массу с 22 кг до 17,6 кг, уменьшить расход бетона до $0,2 \text{ м}^3$ на 100 шт. затяжек, снизить транспортные расходы и трудозатраты на установку затяжек при креплении на 20-25%, стоимость затяжки при этом снизится с 20 до 16 тыс. грн. (с 2,4 тыс. долл. до 1,9 тыс. долл.) за 1000 затяжек или на 150-200 тыс. грн. (18,4 – 24,5 тыс. долл.) на 1 км горной выработки.

Поэтому можно считать новую затяжку для крепления капитальных выработок весьма перспективной и заслуживающей широкого внедрения вместо обычных затяжек.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Литвинский Г.Г. и др. Межрамные ограждения шахтной крепи / Г.Г. Литвинский, Г.И. Гайко, И.В. Малеев, В.Б. Волошин – Алчевск: ДГМИ, 2000. – 110 с.
2. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона без предварительного напряжения арматуры (к СП 52-101-2003) / - М.: Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт промышленных зданий и сооружений (ЦНИИПРОМЗДАНИЙ), 2005. – 304 с.
3. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции. Общий курс. – М.: Стройиздат, 1991. – 448 с.