

Рис. 3. Схема проведения измерений при использовании замерных сечений

#### Выводы:

1. Маркшейдерский контроль над состоянием горной выработки, при переходе ее лавой, является необходимым мероприятием для качественной оценки состояния выработки.

2. Достоинством геометрического нивелирования является получение огромного массива данных об изменении контура выработки, а также увязка всех замеров в единую высотную систему. Недостатком является то, что данная методика очень трудоемка и на ее выполнение требуется продолжительный период времени.

3. Достоинством замерных сечений является простота выполнения замеров, малая трудоемкость и, соответственно, быстрое проведение замеров на наблюдательной станции. Недостатком является то, что в замерных сечениях измеряются только два параметра и между отдельными сечениями нет геометрической связи.

4. Существующие методы имеют свои достоинства и недостатки, которые необходимо учитывать при планировании работ по контролю за состоянием горных выработок.

#### Список литературы

1. Опыт перехода механизированными комплексами геологических нарушений и старых выработок (экспресс-информация). ЦБНТИ МУП УССР, 2975 г, 30с.
2. Переход лавой выработки в условиях шахты „Юбилейная“ ОАО „Павлоградуголь“, Халимендик Ю.М., Воронин С.А., Винник А.М. Науковий Вісник НГУ, 2008, №2 стр. 59–61.
3. КД 12.01.01.201–98, „Расположение, охрана и поддержание горных выработок при отработке угольных пластов на шахтах“, Руководящий нормативный документ Министерства угольной промышленности. Киев. – 149 стр.

Наведено опис двох методик маркшейдерського контролю стану кріпи і приконтурного масиву гірських виробок. Представлено схему спостережної станції для проведення спостережень за станом гірської виробки. Викладено способи закладення спостережних станцій, а також технологія вимірів. На основі практичного застосування виконано аналіз обох методик, установлені їхні недоліки та переваги в різних умовах.

**Ключові слова:** гірські виробки, кріплення, контроль, виміри, замірні перетини

The article outlines two methods of a surveyor control of the state of a support and a rock mass around a mine working. A scheme of the observant station for carrying out the supervision over the condition of the mine workings development is presented. The ways of the observant stations creation and the technology of the measurements are stated. On the basis of the practical application the analysis of both methods is executed, their defects and advantages are set in different terms.

**Keywords:** mine workings, support, control, measurements, measuring sections

Рекомендовано до публікації д.т.н. О.М. Шашенком 21.06.10

УДК 691.328:53

© Коваленко В.В., 2010

В.В. Коваленко

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ВОССТАНОВЛЕННОГО ФИБРОБЕТОНА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ АРМИРУЮЩИХ ВОЛОКНАХ

V.V. Kovalenko

### STUDY OF EFFICIENCY OF RECOVERED FIBER CONCRETE AT VARIOUS REINFORCEMENT FIBERS

Представлены результаты лабораторных испытаний восстановленных образцов фибробетона. Выполнен сравнительный анализ характера деформирования образцов. В качестве фибр использованы получившие наибольшее распространение извилистые полимерные, жесткие полимерные и металлические волокна. Рассмотрено влияние типа армирования на работоспособность восстановленных фибробетонных образцов.

**Ключевые слова:** фибробетон, фибра, ослабленный трещиной образец, восстанавливающий слой, предел прочности

**Актуальность.** С увеличением глубины разработки угольных пластов все более проявляется необ-

ходимость разработки и внедрения новых технологий крепления капитальных и основных подготовитель-

ных выработок, позволяющих максимально эффективно использовать прочностные параметры набрызгбетона за счет его дисперсного армирования, расширения его возможностей как конструкционного материала, а также изучения возможного расширения области его использования.

Отработка запасов на действующих горизонтах и необходимость перехода на более глубокие горизонты неразрывно связаны с решением актуальных задач обеспечения поддержания в устойчивом состоянии как капитальных, так и основных подготовительных выработок. Наибольшее распространение в качестве постоянной крепи получил набрызгбетон. Однако, область применения набрызгбетона значительно ограничена его физико-механическими показателями работы в области установившихся нагрузок. Набрызгбетон, хотя и превосходит обычный бетон по прочности, также характеризуется хрупким разрушением. Наиболее перспективным в данных условиях является использование фибробетона. Введение дисперсных волокон в набрызгбетон обеспечивает перераспределение напряжений и повышение работоспособности набрызгбетона в области трещинообразования. Недостатки набрызгбетонной крепи проявляются в выработках, в которых в результате влияния подработки изменяется режим подземных вод и появляются дренирующие воды.

Опыт применения фибробетона свидетельствует о том, что он активно используется в качестве крепи только в условиях рудных шахт, характеризующихся благоприятными горно-геологическими условиями.

Вопрос работы фибробетона в сложных горно-геологических условиях, а также изучение возможности повышения рабочих характеристик набрызгбетонной крепи при ее дисперсном армировании являются задачами, которые до настоящего времени так и не были детально рассмотрены и изучены.

У фибробетона повышены следующие показатели: трещиностойкость, прочность на растяжение, ударная вязкость, сопротивление истираемости.

Эффективность дисперсного армирования цементного камня и бетона при нагружении зависит от трех параметров дисперсного армирования: прочности сцепления фибры с бетоном, длины фибры  $l$  (или отношения длины фибры к ее диаметру  $l/d$ ), объемной концентрации фибры.

В механике композитов с дисперсным армированием при оценке влияния длины волокна (фибры) используется относительный параметр  $l/d$ , при этом считается, что наибольший армирующий эффект достигается при  $l/d \approx 60 \dots 100$ . При больших значениях этого параметра (больших длинах волокон), армирующий эффект ухудшается ввиду комкования волокон и ухудшении однородности структуры.

Влияние объемной концентрации фибры реализуется, начиная от некоторого уровня, обуславливающего достижение начальной объемно – пространственной связности фиброструктуры. Только после достижения „непрерывности“ фиброармирования, начинаешь ощущать его позитивное влияние на характеристики исходного бетона – матрицы.

Положительное влияние дисперсного армирования на структуру бетона и его физико-механические характеристики определяется следующими факторами:

- 1) на стадии структурообразования:
  - перераспределением напряжений при пластической усадке от наиболее опасных зон на весь объем бетона;
- 2) при нагружении:
  - торможением роста трещин;
  - снижением концентрации напряжений в окрестности макродефектов, выравниванием напряжений в структуре бетона и их перераспределением между составляющими бетона.

Эффективность применения волокон в бетоне зависит от их содержания и расстояния между отдельными волокнами. Дисперсное армирование обычно достаточно эффективно приостанавливает развитие волосяных трещин лишь при расстоянии между различными волокнами не более 10 мм, поэтому применение в бетоне крупного заполнителя, не позволяющего расположить дисперсные волокна достаточно близко друг к другу, снижает эффективность подобного армирования.

Полимерные волокна, в отличие от металлических, используют для тонкостенных изделий, подвергающихся ударам или эксплуатирующихся в коррозионно-активных условиях.

**Целью данной статьи** являлось определение зависимости влияния на прочностные свойства фибробетона содержания в его составе полипропиленовой и металлической фибры.

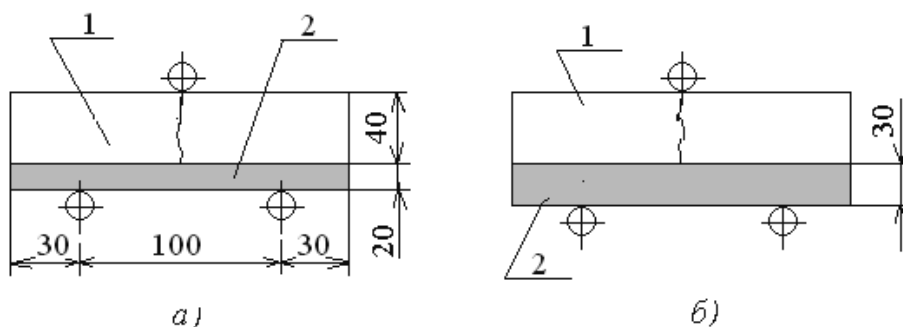


Рис. 1. Схема испытания на растяжение при изгибе: 1 – нарушенный образец; 2 – восстанавливающий слой; а) – толщина покрытия фибробетона 20 мм; б) – толщина покрытия фибробетона 30 мм

**Ход исследований.** В процессе проведения исследований готовились бетонные образцы, которые проверялись на предел прочности на растяжение при изгибе. В качестве образцов использовались балочки (рис. 1) размером: 40×40×160 мм (высота×ширина×длина). После восстановления высота балочек изменялась на величину слоя восстановления (20...30 мм).

Балочки устанавливались на платформу с двумя опорами. Рабочее расстояние между опорами  $l = 100$  мм. Сверху к образцу прикладывалось усилие со стороны прессы, которое передавалось через кронштейн.

В ходе проведения эксперимента сначала приготавливались сухие смеси из цемента и песка. Затем добавлялось заданное по весу количество волокна. После тщательного перемешивания смесь затворялась водой. Вода добавлялась в несколько приемов с целью обеспечения равномерного перемешивания смеси и недопущения возникновения „ежей“ и комков. Перемешивание осуществлялось непрерывно сразу после затворения водой. Процесс затворения водой длился в течение 5 минут.

Затем раствором заполняли форму, которую на 10 секунд помещали на вибростол, где смесь уплотнялась – из смеси удалялась избыточная влага и пузырьки воздуха.

Из анализа литературы по проведенным исследованиям следует, что в зависимости от назначения конструкции оптимальное количество фибры для армирования фибробетона составляет для металла 1...2% от объема бетона, для полипропилена – 0,5...1%.

Выбор длины металлической фибры определялся технологическими ограничениями, связанными с выполнением набрызгбетонных работ. Длина металлической фибры равна 50 мм.

При проведении лабораторных испытаний исследовались основные варианты:

- с извилистыми полимерными волокнами (длиной 50 мм), с объемами армирования по массе (1%);
- с жесткими полимерными волокнами (длиной 54 мм), с объемами армирования по массе (1%);
- с металлическими волокнами (длиной 50мм), с объемами армирования по массе (1%).

Всего было исследовано 9 образцов. Использованы три типа фибр для приготовления фибробетона. Результаты испытаний представлены в таблице 1.

Отличительной особенностью являются значительные прочностные параметры, которыми характеризуются образцы, армированные металлической фиброй. Образцы с содержанием полипропиленовой фибры значительно уступают по прочности на изгиб образцам из сталефибробетона (рис. 2...4).

Таблица 1

Зависимость изменения прочности фибробетонных образцов от вида, размера и плотности армирования

№пп	Тип фибры	Предельные напряжения на изгиб, $\sigma_{изг}$ , МПа	Среднее значение предельных напряжений, $\sigma_{изг}^{cp}$ , МПа
1–3	извилистая полимерная	3,4	3,2
4–6	жесткая полимерная	5,2	5,0
7–9	металлическая	6,5	6,3

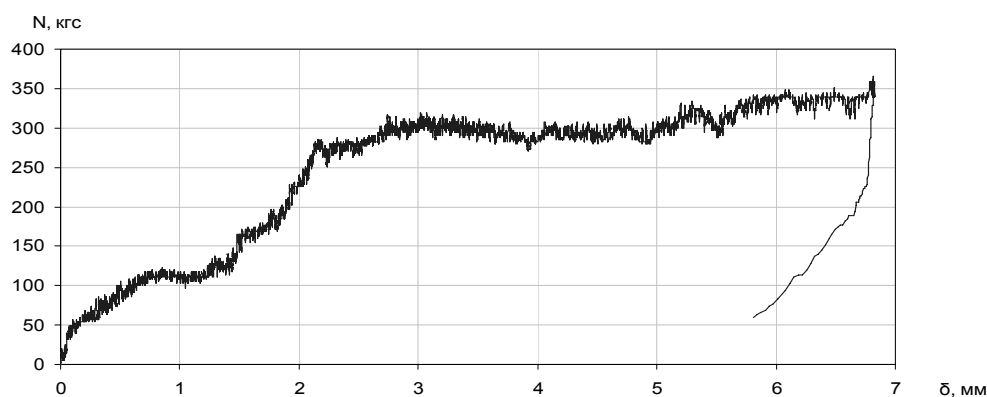


Рис. 2. Диаграмма „нагрузка-деформация“ для образца с извилистой полимерной фиброй

На основании сравнения полученных графиков можно сделать вывод, что образцы, армированные металлической фиброй, в процессе разрушения характеризуются пластическими деформациями фибр, работающих на защемленных концах трещин образца. При армировании образцов полипропиленовой

фиброй, влияние фибры на прочность образца проявляется только на начальном этапе возникновения трещины, причем процесс разрушения проходит более динамично, без пластической фазы деформирования фибровых волокон или данная фаза протекает очень динамично.

Таблиця 2

№пп	Тип фибры	Работоспособность, кгс·мм
1–3	извилистая полимерная	1938
4–6	жесткая полимерная	1524
7–9	металлическая	1320

Сравнивая работоспособность образцов с разным типом фибры можно сделать вывод, что наибольшей работоспособностью обладают образцы с извилистой полимерной фиброй. Деформирование образца происходит без скачков, по возрастающей кривой. При этом для данного типа фибры характерным является наибольший прогиб образца (6,8 мм). Второе место по критерию работоспособности занимают образцы с жесткой полимерной фиброй. Деформирование происходит с формированием пика нагрузки и после-

дующего падения кривой деформирования. Наименьшей работоспособностью обладают образцы с металлической фиброй. У образцов с жесткой полимерной фиброй прослеживается пик нагрузки, как и в образцах с металлической фиброй, однако, в отличие от предыдущего варианта, данные образцы имеют большую работоспособность после формирования трещин и прохождения пика нагрузки.

Для армирования фибробетона использовались фибры в количестве 1% от объема цемента. Увеличение процента армирования до определенного предела ведет к некоторому увеличению прочностно-деформационных характеристик. Недостатками увеличения процента армирования фибры являются трудности, связанные с удобоукладываемостью, а также с обеспечением равномерного перемешивания смеси и недопущением возникновения „ежей“.

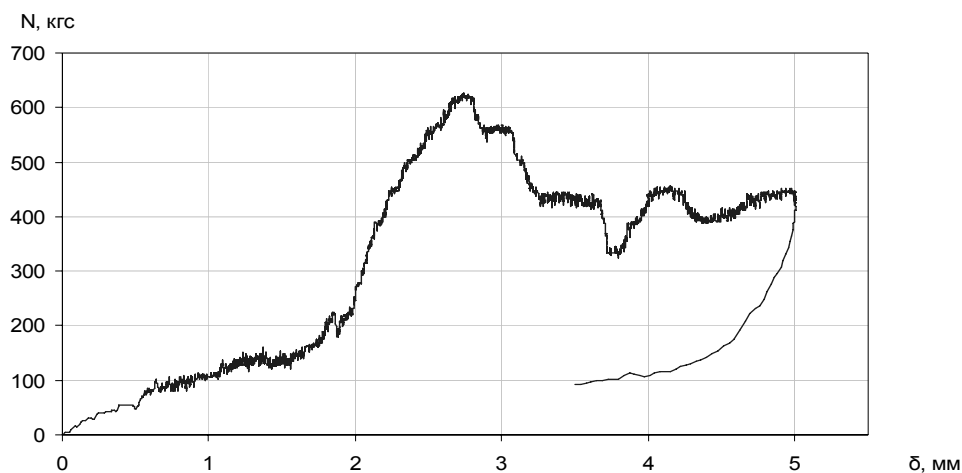


Рис. 3. Диаграмма „нагрузка-деформация“ для образца с жесткой полимерной фиброй

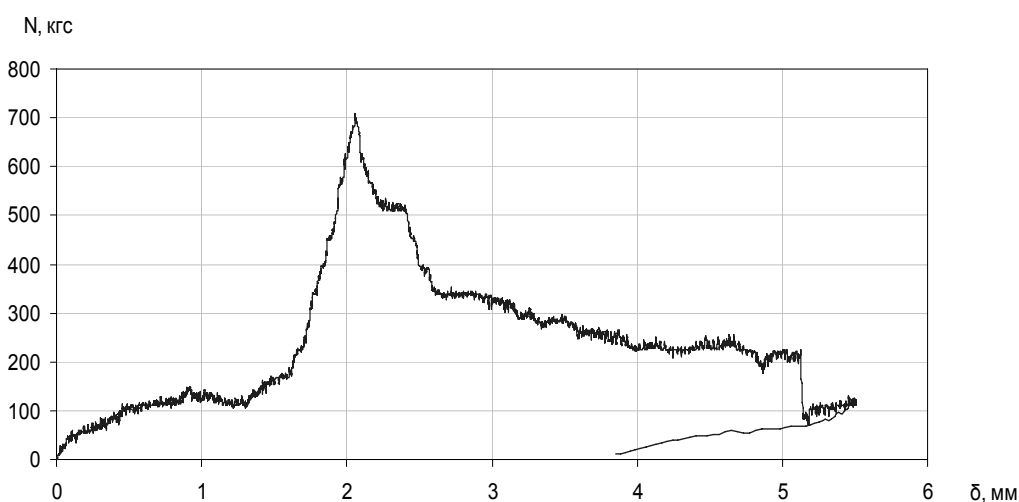


Рис. 4. Диаграмма „нагрузка-деформация“ для образца с металлической фиброй

**Выводы.** Бетонные образцы, армированные фиброй, характеризуются повышенной работоспособностью на стадии предельных изгибающих нагрузок. Фибра обеспечивает повышение рабочих характеристик бетона на стадии запредельных на-

грузок, в случае, когда в бетонном теле образуются и активно развиваются трещины, которые являются критическими для неармированного фибровыми волокнами бетона. Степень эффективного использования процесса армирования бетона значительно за-