

ния склона – меньше. Недоучет этих особенностей по формированию горизонтальных деформаций в полумульдах при подработках участков с резко изменяющимся рельефом земной поверхности может приводить к значительным погрешностям в расчетах при прогнозировании горизонтальных деформаций – необоснованно завышенным значениям (до 15–18%) или заниженным.

3. При выполнении инженерных расчетов по прогнозированию деформаций земной поверхности на подрабатываемых территориях целесообразно учитывать особенности рельефа земной поверхности на участках подработки и определять длины полумульд отдельно в сторону падения и в сторону восстания склонов.

#### Список литературы

1. Колбенков С.П. Аналитическое выражение типовых кривых сдвижения поверхности. – Тр. ВНИМИ, 1961, сб. XLIII. – С. 43–46.
2. ГСТУ 101.00159226.001–2003. Правила підробки будівель, споруд і природних об'єктів при видобуванні вугілля підземним способом. – Вид. офіс. – Мінпаливенерго України, 2004. – 128 с.
3. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок на Никопольском марганцевом месторождении. Составители: Лисица И.Г., Антипенко Г.А., Гаврюк Г.Ф. – Днепропетровск, ДГИ, 1985. – 38 с.
4. Гаврюк А.Г., Антипенко Г.А., Гаврюк Г.Ф. Графоаналитический способ определения длин полумульд с учетом рельефа земной поверхности // Науковий вісник НГУ. – 2007. – №2. – С. 30–33.

5. Троицкий В.С., Внуков В.А., Коваль А.И. Некоторые особенности сдвижения пород в условиях горного рельефа // Тр. ВНИМИ, сб. 89, Л.: 1973. – С. 73–77.

6. Троицкий В.С., Внуков В.А. Некоторые особенности наблюдений за сдвижением земной поверхности в условиях горного рельефа // Тр. ВНИМИ, сб. 89, Л.: 1973. – С. 89–92.

Розглянуто вплив рельєфу земної поверхні на визначення довжин напівмульд при повній підробці земної поверхні. Наведена характеристика процесу зрушення по спостережній станції, що закладена на шахті №9–10 ВАТ „Марганецький ГЗК“. Визначено коефіцієнти зміни довжин напівмульд з урахуванням рельєфу території, яка підроблена.

**Ключові слова:** маркшейдерські інструментальні спостереження, мульда зрушення, деформації земної поверхні

The influence of earth relief on determination of semithrough length at the complete surface undermining is considered. The article gives characteristic of earth moving process on the observant station which is pledged at the mine №9-10 of VAT “Marganetskiy GZK”. The coefficients of semithrough length change are ascertained taking into account the relief of undermined territory.

**Keywords:** mine surveying instrumental observations, subsidence trough, deformation of earth surface

Рекомендовано до публікації д.т.н. О.М. Шашенком.  
Дата надходження рукопису 13.09.10

УДК 691.328:53

© Коваленко В.В., 2010

В.В. Коваленко

## ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ФИБРОБЕТОНА НА ЖЕСТКИХ И ИЗВИЛИСТЫХ ПОЛИМЕРНЫХ АРМИРУЮЩИХ ВОЛОКНАХ

V.V. Kovalenko

### LABORATORY RESEARCH OF DEFORMATION CHARACTERISTICS OF FIBROUS CONCRETE MADE OF RIGID AND WINDING POLYMER REINFORCING FIBER

Представлены результаты лабораторных испытаний образцов фибробетона на жестких и извилистых волокнах. Испытания выполнены по стандартной схеме испытаний балочек на растяжение при изгибе. С целью получения дополнительных данных по характеру деформирования образцов в процессе нагружения в каждом образце установлено по два стекла. Построены диаграммы напряженно-деформируемого состояния балок в координатах нагрузка-деформация и нагрузка-время нагружения. Представлен сравнительный график зависимостей прогиба образцов при армировании жесткими и извилистыми фибрами.

**Ключевые слова:** фибробетон, извилистая и жесткая фибры, трещина, характер деформирования, неупругие деформации

**Введение.** Одним из наиболее конструктивных материалов многоцелевого использования является фибробетон. Для дисперсного армирования используются различные виды металлических и неметаллических волокон

минерального и органического происхождения. Армирование вяжущих материалов фибрами позволяет повысить прочность цементного камня при растяжении и изгибе на 50...240%. Введение 0,1...1% полипропиленовых воло-

кон по объему позитивно влияет на качество бетонной смеси и готовой продукции: повышается однородность бетонной смеси и снижается ее способность к расслоению; бетон приобретает способность к деформированию без разрушения при схватывании, что препятствует образованию микротрещин в середине затверделого бетона и тормозит расширение поверхностных трещин, возникающих при пластической усадке [1].

**Целью данной статьи** является представление результатов исследований, посвященных изучению механизма потери прочности фибробетона, как композитного материала.

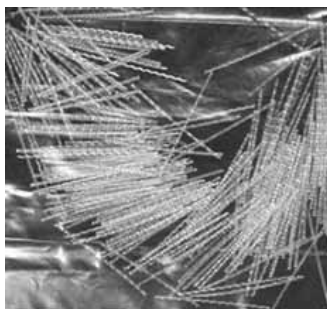
**Описание эксперимента.**

Для проведения экспериментов были использованы два типа фибр: жёсткое и извилистое полимерные волокна.



а)

Плотность	0,91 г/см <sup>3</sup>
Диаметр отдельного волокна	300 ± 50 мкм
Длина волокна	54 мм
Форма	волнистая, отдельные волокна объединены во временные легко распадающиеся пучки
Прочность на разрыв	не менее 350 МПа
Коэффициент растяжения	не менее 8–15%
Модуль Юнга	более 3500 МПа



б)

Плотность	0,91 г/см <sup>3</sup>
Диаметр отдельного волокна	0,8–1,5 мм
Длина волокна	50 мм
Форма	отдельные плоские извилистые волокна
Прочность на разрыв	не менее 460 МПа
Коэффициент растяжения	15%
Модуль Юнга	более 3500 МПа

Рис. 1. Внешний вид и технические характеристики полимерных волокон: а) жёсткое; б) извилистое

В ходе экспериментов была использована стандартная методика проведения испытаний балок на растяжение при изгибе. Характерной особенностью данных испытаний являлось то, что данный способ был модифицирован за счет того, что при подготов-

лении балок с лицевой стороны в форму каждого образца помещались два стекла. Это давало возможность наблюдать процесс деформирования образца, формирование зон разупрочнения. Схема испытаний представлена на рис. 2.

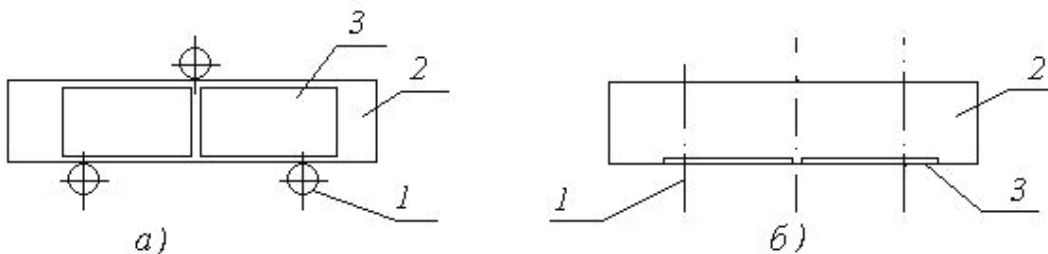


Рис. 2. Схема испытаний балочек (2) со стеклами (3) и пуансонами (1), через которые передается нагрузка от прессы (а – вид сбоку; б – вид сверху)

За счет того, что образование трещины в каждом образце происходило в центральной его части, оправданным являлось использование двух стекол, в результате чего обрушение образца было на границе между двух стекол.

После уплотнения фибробетона на вибростол, образцы выдерживались в течение 28 суток.

**Результаты.** В ходе испытаний было отмечено, что деформирование образца происходит в несколько этапов. На первом этапе призма работает в упругом режиме до момента образования трещины. На данном этапе все основные нагрузки начинает воспринимать армирующее волокно. Происходит перераспределение напряжений. В последствии за счет присутствия стекол удалось выделить дополнительную стадию, характеризующую процесс возникновения и развития предельных напряжений в образце. Со стороны нагружающего пуансона происходило формирование зоны разупрочнения образца и последующее увеличение данной области с ростом действующей нагрузки. Визуально это представлялось в виде отжима стекла от остальной части образца областью разупрочнения, примыкающей к центральному пуансону, через который передается нагрузка от пресса на образец. Отжим стекла происходил в результате увеличения объема образца в радиальном направлении как следствие действия вертикальной нагрузки. С увеличением предельной для бетонной матрицы образца нагрузки происходило увеличение радиуса области разупрочнения. При достижении  $r=h/2$  наблюдалось одновременное протекание двух процессов: развитие трещины и области разупрочнения. В момент, когда радиус области разупрочнения стал равен высоте образца, наблюдалось значительное увеличение скорости раскрытия трещины. Это объяснялось формированием такой зоны разупрочнения, при которой она была соизмерима с длиной армирующих волокон.

На рис. 3 представлен образец до проведения испытаний (рис. 3, а) и во время проведения эксперимента (рис. 3, б).

Изучая характер трещин, которые образовались в результате нагружения образцов, удалось сделать заключение, что при равных деформациях образцов с жесткими, а также извилистыми волокнами, образцы с извилистыми волокнами характеризуются большей шириной раскрытия трещины, чем образцы с жесткими волокнами (рис. 4). Это объясняется разницей в диаметре волокон и, следовательно, различными контактными поверхностями. Диаметр жестких волокон в 2,7...5 раз меньше диаметра извилистых волокон. В случае с жесткими волокнами обеспечивается большая рабочая поверхность, образуемая волокнами и бетонным телом.

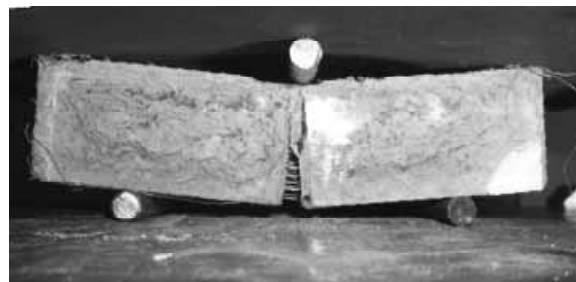
На основании полученных в ходе лабораторных испытаний данных построена схема зависимости изменения деформаций от действующих нагрузок.

На рис. 5 представлены диаграмма зависимости прогиба балочки  $\delta$  от нагрузки  $N$  (рис. 5, а) и диаграм-

ма, характеризующая процесс нагружения во времени для образца №4 с извилистой фиброй (рис. 5, б).



а)



б)

Рис. 3. Образец до проведения эксперимента (а) и в процессе нагружения (б)



Рис. 4. Балочки после проведения испытания на растяжение при изгибе: 1, 2 – образцы с жесткой фиброй, 3, 4 – образцы с извилистой фиброй

На сводном графике (рис. 6) представлены кривые нагружения для образцов с жесткой фиброй (1–3) и образцов с извилистой фиброй (4–6). Образцы с жесткой фиброй обозначены белым маркером и имеют более высокие прочностные показатели при больших деформациях. Образцы с извилистой фиброй характеризуются быстрым разрушением при меньших нагрузках и им свойственны меньшие деформации прогиба. После возникновения трещины в образцах с жесткой фиброй, характер поведения образцов под нагрузкой является в значительной степени сходным и проявляется в ровном течение деформаций прогиба при сохранении образцами или незначительном снижении несущей нагрузки.

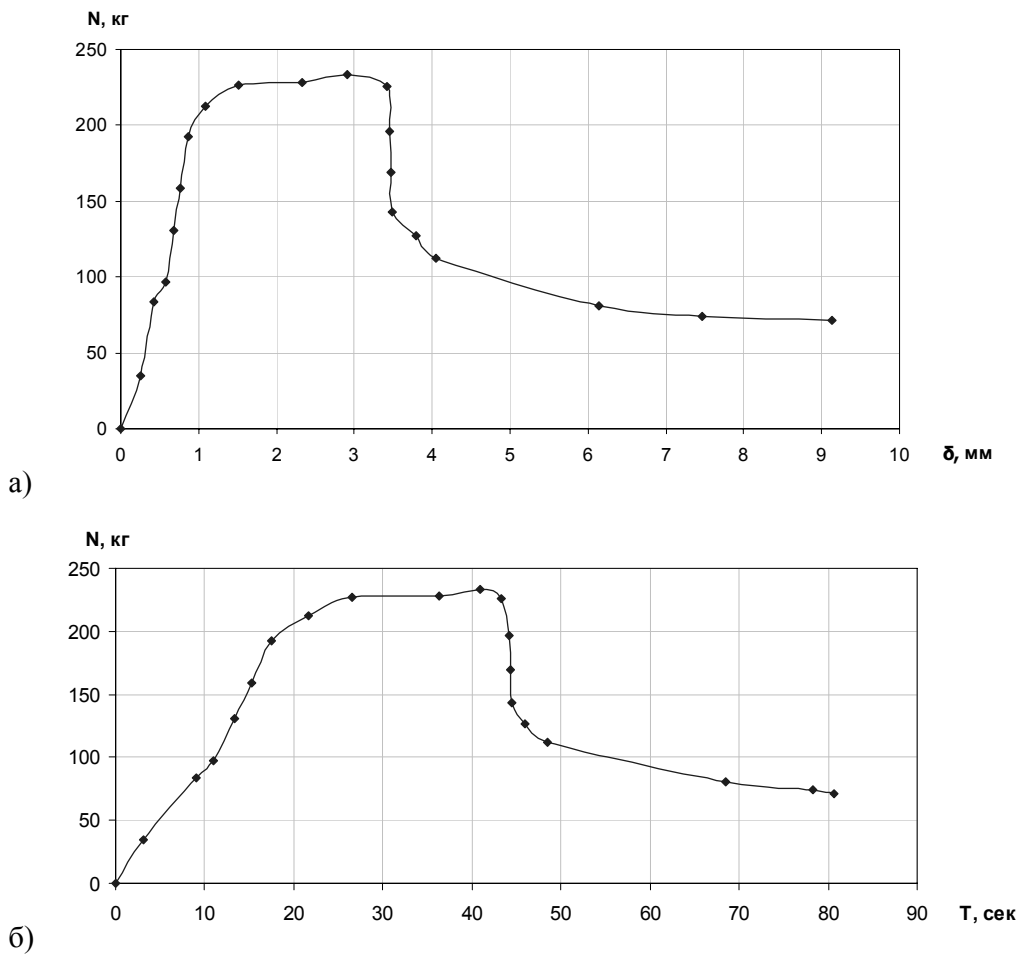


Рис. 5. Диаграмма напряженно-деформируемого состояния балок в координатах: а – нагрузка-прогиб; б – нагрузка-время нагружения

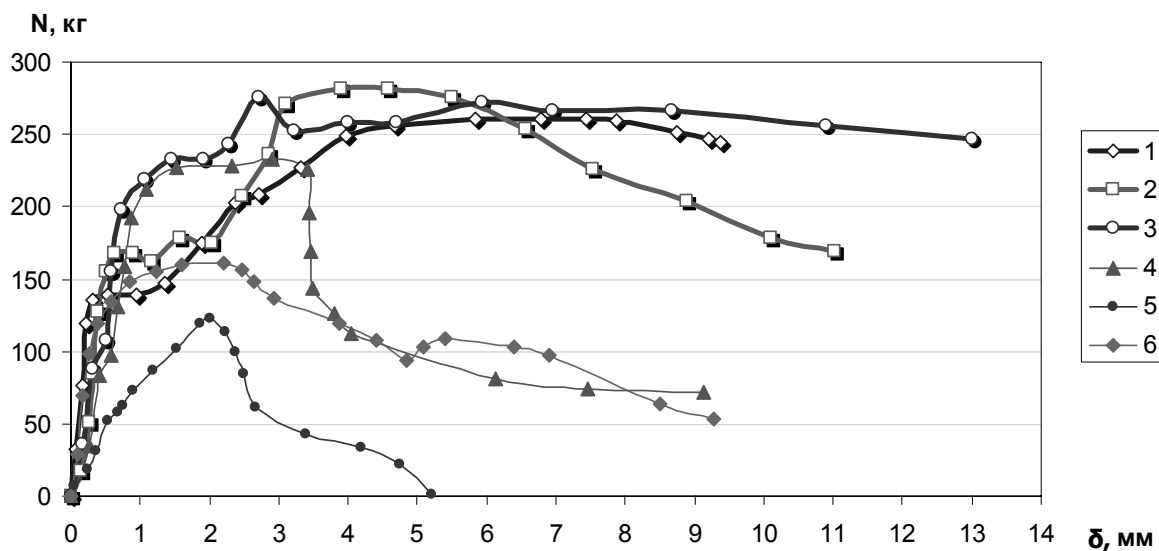


Рис. 6. Сводный график зависимостей прогиба образцов с жесткой (1–3) и извилистой (4–6) фибрами от действующей нагрузки

Из рис. 6 следует, что армирование бетонных образцов жесткой фиброй позволяет повысить рабо-

тоспособность образцов в стадии упруго-пластических деформаций в 2...6 раз. Использование же-

сткого волокна в качестве армирующего обеспечивает образцу повышенные характеристики сопротивляемости действующим нагрузкам при большем значении прогиба самого образца. Прогиб образцов с жесткой фиброй составляет в пределах 9...13 мм, в то время как для образцов с извилистой фиброй данные цифры будут в пределах 5...9 мм. Ровный характер деформирования в стадии максимальных действующих нагрузок в течение определенного периода времени свидетельствует о высокой надежности образцов, испытывающих предельные упруго-пластические деформации, без формирования участков внезапного обрушения.

**Выводы.** Представленные результаты позволяют утверждать, что при использовании жесткой фибры достигаются более высокие показатели сопротивляемости образцов действующим внешним нагрузкам, чем при использовании извилистой фибры. За счет разницы в диаметрах волокон жесткая фибра обеспечивает более полное использование ее при совместной работе композита „фибра – бетонное тело“.

При использовании жесткого волокна в качестве армирующего работоспособность балок с такой фиброй превышает работоспособность образцов с извилистой фиброй от 2 до 6 раз.

Образцы с жесткой фиброй характеризуются меньшей дисперсией прочностных показателей и более ровным характером работы в стадии запредельных нагрузок.

#### Список литературы

1. Будівельне матеріалознавство: Підручник. – К.: ТОВ УВПК „ЕксОб“, 2008. – 704 с.

Представлено результати лабораторних випробувань зразків фібробетону на жорстких і звивистих волокнах. Випробування виконано за стандартною схемою випробувань балочок на розтяг при вигині. З метою отримання додаткових даних за характером деформування зразків у процесі навантаження, в кожному зразку встановлено по два скла. Побудовано діаграми напружено-деформованого стану балок у координатах навантаження – деформація та навантаження – час навантажування. Представлено порівняльний графік залежностей прогину зразків при армуванні жорсткими і звивистими фібрами.

**Ключові слова:** *фібробетон, звивиста і жорстка фібри, тріщина, характер деформування, непружні деформації*

The article presents results of laboratory tests of fiber-reinforced concrete specimens with rigid and winding fibers inside. The tests have been performed by the standard scheme of beam test for tensile bending. In order to obtain additional data about the nature of deformation of samples during loading, two pieces of glass were set into each sample. Diagrams of the stress-deformed state of beams in the coordinates load – deformation and load – time of loading are presented. A comparative plot of specimens' deflection dependence on the kind of reinforcing fibers is shown.

**Keywords:** *fibrous concrete, winding and rigid fiber, crack, deformation, inelastic deformation*

*Рекомендовано до публікації д.т.н. О.М. Шашенком  
Дата надходження рукопису 17.09.10*

УДК 621.85.01

© Лубенец Н.А., 2010

Н.А. Лубенец

## ПРЯМОЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ КОНВЕЙЕРНОЙ ЛЕНТЫ О БАРАБАН

N.A. Lubenets

## DIRECT METHOD OF DETERMINATION OF COEFFICIENT OF FRICTION OF A CONVEYOR BELT AGAINST A BARREL

Обоснован прямой метод определения коэффициента трения конвейерной ленты о барабан, которому не присуща погрешность метода. Метод будет способствовать научному пониманию механизма передачи тягового усилия гибкому тяговому органу, совершенствованию теории трения гибких тел, теории и практики транспортирования грузов с гибким тяговым органом.

**Ключевые слова:** *прямой метод, коэффициент трения, конвейерная лента, барабан, закон трения гибких тел*

В реализации транспортными средствами с гибким тяговым органом тягового усилия трением важнейшее значение имеют фрикционные свойства материалов пары трения, которые характеризуются коэффициентом трения. От достоверной оценки коэффициента трения пары трения зависят правильность научных выводов в понимании механизма передачи

тягового усилия трением и прогнозная оценка тяговых характеристик транспортных средств. В практике определения физико-механических свойств материалов получили распространение прямые и косвенные методы.

Прямые методы определения коэффициента трения заключаются в проведении испытаний различных ма-