

**Список литературы / References**

1. *Вентцель Е.С.* Теория вероятностей / Вентцель Е.С. – М.: Наука, Физматгиз, 1969 – 576 с  
*Wentsel Ye.S.* Probability theory / Wentsel Ye.S. – М.: Nauka, Fizmatgiz, 1969 – 576 p

Спосіб спорудження вертикальних виробок шляхом їх буріння в майбутньому є одним із найбільш перспективних. Підвищення його конкурентоспроможності потребує аналізу існуючих технічних і технологічних параметрів з метою їх подальшого вдосконалення. Виконано статистичний аналіз якості пробурених свердловин у Червоноармійському, Должанно-Ровенецькому, Донецько-Макіївському та Петропавлівському гірничопромислових районах. Складено ймовірно-статистичні прогнозні моделі. Отримано автокореляційні функції для кожної свердловини, що дозволяють оцінювати якість стінок виробок, які споруджуються.

УДК 622.281.4

**В.В. Коваленко, канд. техн. наук, доц.**

**Ключові слова:** статистичний аналіз, буріння, вертикальна виробка, автокореляційна функція, прогнозні моделі

Method of construction of vertical workings by drilling them is one of the most promising methods. Improvement of its competitiveness requires an analysis of existing technical and technological parameters for their further improvement. The statistical analysis of the quality of wells drilled in Krasnoarmeysk, Dolzhano-Rovenetsk, Donetsk-Makeevka and Petropavlovsk mining areas is carried out. Probabilistic and statistical prediction models are designed. Autocorrelation functions were obtained for each well, allowing assess the quality of the walls of excavations, which are being built.

**Keywords:** statistical analysis, drilling, vertical development, autocorrelation function, predictive models

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук О.М. Шапенком. Дата надходження рукопису 14.02.11

Государственное высшее учебное заведение „Национальный горный университет“, г. Днепропетровск, Украина, e-mail: kovalenko\_vlad@mail.ru

## ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НАБРЫЗГБЕТОННОЙ КРЕПИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПВА ЭМУЛЬСИИ

**V.V. Kovalenko, Cand. Sci. (Tech.), Associate professor**

State Higher Educational Institution “National Mining University”, Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: kovalenko\_vlad@mail.ru

## LABORATORY STUDIES OF THE POSSIBILITY OF THE SHOTCRETE SUPPORT RECOVERY USING PVA EMULSION

Представлены результаты лабораторных испытаний образцов набрызгбетона на растяжение при изгибе. Опытные образцы – предварительно разрушенные и восстановленные путем склеивания нарушенных поверхностей ПВА эмульсией. Контрольные образцы – стандартные образцы, с которыми осуществляется сравнительный анализ результатов испытаний. Представлены графики зависимости деформаций прогиба опытного и контрольного образцов от нагрузки. Определены пределы прочности образцов на растяжение при изгибе.

**Ключевые слова:** фибробетон, предварительная трещина, ПВА эмульсия, испытание на растяжение при изгибе

**Введение.** Наиболее технологичный материал крепи в условиях шахт с установившимся горным давлением-набрызгбетон. Образование трещины значительно ослабляет набрызгбетонную крепь, в результате чего зачастую возникает необходимость перекрепления соответствующего участка. Хотя образование трещин в крепи не означает полного исчерпывания ее несущей способности, в процессе трещинообразования могут произойти опасные обрушения породы на отдельных участках выработки. С целью снижения объемов ремонтных работ, альтернативный вариант восстановления крепи может предусматривать „залечивание“ возникшей трещины и тампонаж закрепного пространства. Однако практически данный способ восстановления крепи не исследован.

В данной статье рассматривается вопрос исследования прочности восстановленного набрызгбетона и

сравнение его прочностных показателей со стандартными набрызгбетонными образцами.

**Целью данной статьи** является изучение возможности восстановления набрызгбетонной крепи на основе лабораторных испытаний балочек на растяжение при изгибе.

**Описание эксперимента.** Для проведения испытаний была использована стандартная методика испытаний призм размером 40x40x160мм на растяжение при изгибе.

Для приготовления образцов использован бетон со стандартным подбором исходных компонентов: цемент марки М400, песок речной, вода техническая (соотношение Ц/П=1/3, В/Ц=0,4). Используются образцы двух типов: стандартные балочки (контрольные образцы) и восстановленные образцы, в которых поверхности контакта на границе трещины с обеих сторон обработаны раствором ПВА. Образцы подвергались действию раз-

рушающей нагрузки до момента разрушения бетонных образцов. Затем осуществлялась обработка обоих берегов трещины разрушенного образца, обеспечивался плотный контакт в течение 5 минут. Дальнейшее твердение осуществлялось в нормальных условиях без приложения внешних нагрузок. Восстановленные образцы были выдержаны в течение 3-х суток, что является достаточным для формирования надежного соединения в месте предварительного разрушения. Схема проведения испытаний представлена на рис. 1.

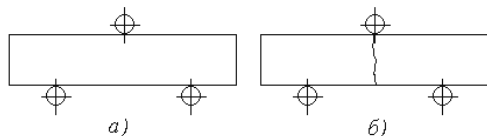


Рис. 1. Схема проведения испытаний на растяжение при изгибе: а – для контрольного образца, б – для восстановленного образца

Испытания проходили в два этапа. Вначале были испытаны опытные образцы, затем испытанию подвергались контрольные образцы. На рис.2, 3 представлен ход испытаний. Работы проводились на прессе Института геотехнической механики НАН Украины. Данные, полученные в результате нагружения прессы, передавались на компьютер, где производилась их последующая обработка. Учитывая то, что прочность восстановленного образца не может быть выше прочности исходного контрольного образца, в ходе эксперимента интересовало, на сколько возможно приблизить несущую способность образца к эталонному при использовании в качестве клеящего состава ПВА эмульсию. В ходе проведения испытаний на основании информационного материала, полученного на компьютере, после предварительной обработки численных данных строились диаграммы „нагрузка-прогиб“ для каждого образца.

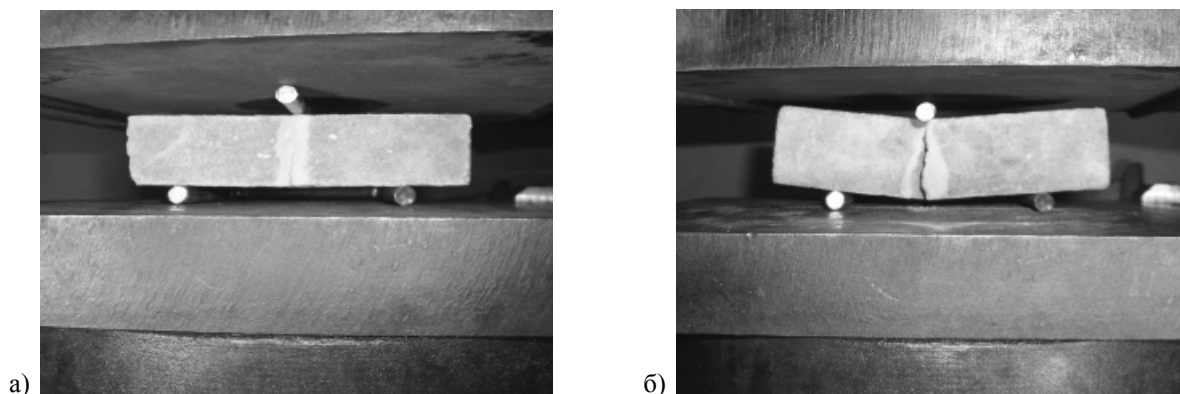


Рис. 2. Испытание опытных образцов на растяжение при изгибе: а – начало нагружения, б – окончание испытания

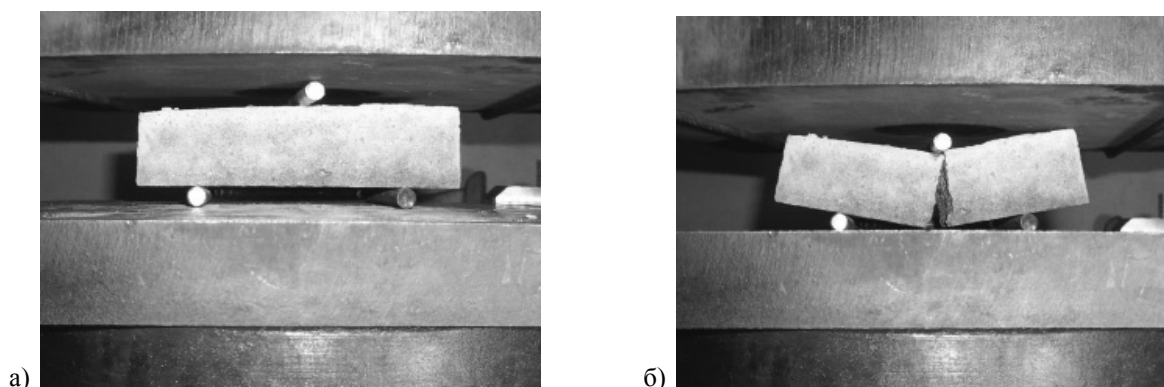


Рис. 3. Испытание контрольных образцов на растяжение при изгибе: а – начало нагружения, б – окончание испытания

На основании полученных данных построены диаграммы „нагрузка-прогиб“ для контрольных (рис. 4) и опытных образцов (рис. 5).

При сравнении кривых деформирования на рисунках 4, 5 видно, что у восстановленного образца кривая идентична кривой на диаграмме „нагрузка-деформация“ для контрольного образца. Отличительной особенностью является то, что для восста-

новленного образца характерны значения деформаций прогиба на порядок меньшие, чем для контрольного образца. Это объясняется свойствами клеящего соединения, которое хотя и обеспечивает прочный контакт двух частей образца за счет поливинилацетатной эмульсии, однако это является недостаточным для восприятия предельных нагрузок контрольного образца.

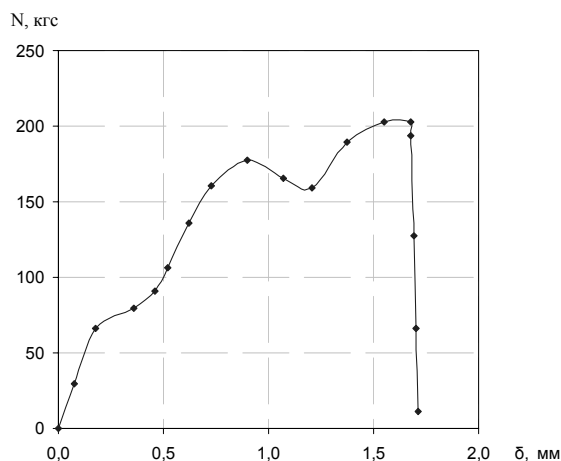


Рис. 4. График зависимости деформаций прогиба ( $\delta$ ) контрольного образца от нагрузки ( $N$ )

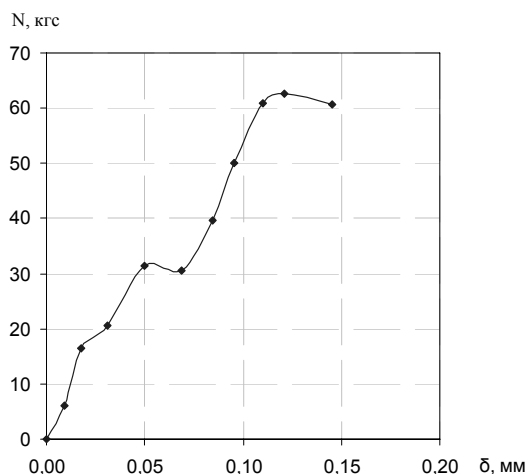


Рис. 5. График зависимости деформаций прогиба ( $\delta$ ) опытного образца от нагрузки ( $N$ )

Таблица

Основные параметры образцов

| N, кгс | l, мм | b, мм | h, мм | Ризг, МПа | Тип образцов    |
|--------|-------|-------|-------|-----------|-----------------|
| 64     | 100   | 40    | 40    | 1,46      | восстановленные |
| 208    | 100   | 40    | 40    | 4,75      | контрольные     |

Для определения максимальных напряжений, возникающих в сечении образцов, используем выражение

$$R_{изг} = \frac{3Nl}{2bh^2}, \quad (1)$$

где  $N$  – действующая нагрузка, кгс;  $l$  – длина образца, мм;  $b$  – ширина поперечного сечения образца, мм;  $h$  – высота поперечного сечения образца, мм.

На основании полученных предельных значений нагрузок, действующих на образцы, а также используя формулу 1, в таблице представлены предельные напряжения, которые возникают в образцах.

Как видно из таблицы, предел прочности образцов на изгиб, в случае восстановления нарушенного образца, отличается более, чем в 3 раза по сравнению с ненарушенным образцом.

Исходя из представленных данных, следует, что восстановление набрызгбетона только за счет склеивания граней в нарушенном образце не может полностью обеспечить восстановление исходных прочностных показателей образца. Требуется усиление восстанавливаемого участка путем укладки слоев набрызгбетона, возможно также фибробетона. Однако о степени восстановления прочностных показателей восстановленного образца можно будет судить после проведения дополнительных исследований.

**Выводы.** Очевидно, что восстановленные образцы имели прочность ниже контрольных образцов. Сравнивая кривые диаграмм „нагрузка-деформация“ опытных и контрольных образцов можно сделать вывод, что после восстановления образцы обеспечивали 40% прочности ненарушенных образцов. После заливания трещины образцы способны воспринимать нагрузку с деформациями на порядок меньше тех,

которые могли воспринимать те же образцы до своего разрушения. Т.е. восстановленные образцы могут воспринимать нагрузку в 3 раза меньшую, чем контрольные образцы, и характеризуются деформациями в 10 раз меньшими, по сравнению с контрольными образцами.

Использование дополнительных мер усиления восстановленного элемента в виде нанесения последующего слоя набрызгбетона (фибробетона) позволит значительно повысить устойчивость и несущую способность крепи. Это позволит значительно повысить прочностно-деформационные характеристики восстановленных образцов, для чего потребуются проведение дополнительных исследований.

#### Список літератури / References

1. *Будівельне матеріалознавство*: Підручник. / [Кривенко П.В., Пушкаріова К.К., Барановський В.В. та інші] – К.: ТОВ УВПК „ЕксОб“, 2008. – 704 с.

*Construction materials science: Textbook.* / [Kryvenko P.V., Pushkariova K.K., Baranovskyi V.V. et al.] – К.: TOV UVPK “EksOb”, 2008. – 704 p.

Представлено результати лабораторних випробувань зразків набрызгбетона на розтяг при вигині. Дослідні зразки – попередньо зруйновані і відновлені шляхом склеювання порушених поверхонь ПВА емульсією. Контрольні зразки – стандартні зразки, з якими здійснюється порівняльний аналіз результатів випробувань. Представлено графіки залежності деформацій прогину дослідного і контрольного зразків від навантаження. Визначено межі міцності зразків на розтяг при вигині.

**Ключові слова:** фібробетон, попередня тріщина, ПВА емульсія, випробування на розтяг при вигині

The article presents the results of laboratory tests of shotcrete specimens on tensile bending. Prototypes are pre-destructed and recovered specimens with surfaces glued with PVA emulsion. Control samples are standard samples, which are used to carry out the comparative analysis of the test results. The article presents the diagrams of strain deflection from the load for experimental

and control samples. The strength limits of the samples on tensile bending are defined.

**Keywords:** *fibrous concrete, pre-crack, PVA emulsion, elasticity of flexure test*

*Рекомендовано до публікації докт. техн. наук О.М. Ша-шенком. Дата надходження рукопису 17.09.10*

УДК 624.131

**В.Г. Кравець, д-р техн. наук, проф.,**  
**Н.В. Зуєвська, канд. техн. наук, доц.,**  
**Ю.В. Волик**

Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут“, м. Київ, Україна,  
e-mail: turtrans@email.ua

## ЧИСЕЛЬНА ЗАДАЧА ПРО МЕТАННЯ ШЕБЕНЮ В ҐРУНТ ВИБУХОМ ЦИЛІНДРИЧНОГО ЗАРЯДУ

**V.H. Kravets, Dr. Sci. (Tech.), Professor,**  
**N.V. Zuyevska, Cand. Sci. (Tech.), Associate professor,**  
**Yu.V. Volyk**

National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine, e-mail: turtrans@email.ua

## THE NUMERICAL PROBLEM OF THROWING GRAVEL INTO THE SOIL BY EXPLOSION OF A CYLINDRICAL CHARGE

Розглянуто математичну модель проникнення щебеню в ґрунтовий масив при динамічному впливі на нього вибуху циліндричного заряду вибухових речовин (ВР), що дозволяє описувати напружено-деформований стан ґрунту і частинок щебеню при різних фізико-механічних і геометричних параметрах аналізованих об'єктів. При проникненні щебеню в ґрунт відбувається його ущільнення, причому на однакових відстанях великі значення об'ємної деформації досягаються в ґрунті з більшою вільною пористістю.

**Ключові слова:** *математична модель, просядний ґрунт, проникнення щебеню, циліндричний заряд*

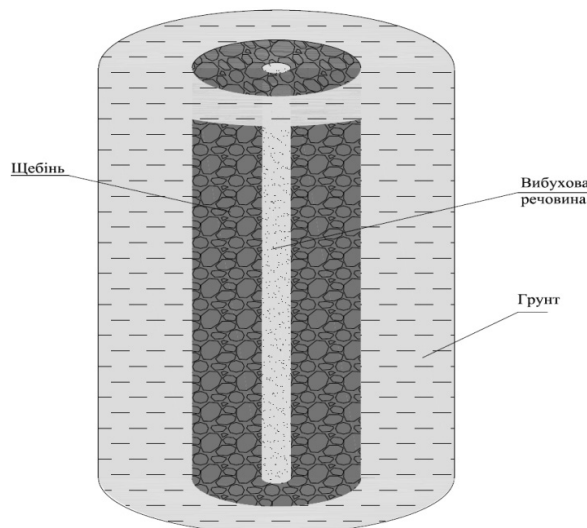
Задачі з дослідження особливостей взаємодії проникаючого тіла і природного середовища часто виникають на практиці. Теорія удару з великими швидкостями вперше була розроблена К.П. Станковичем, Х.А. Рахматулінім, Зельдовичем і Райзером [1–3]. Цій темі присвячені численні дослідження [4, 5], де приймаються різні гіпотези про взаємодіючі об'єкти.

У роботі розглядається математична модель проникнення щебеню в ґрунтовий масив при динамічному впливі на нього вибуху циліндричного заряду вибухових речовин (ВР) (рис. 1), що дозволяє описувати напружено-деформований стан ґрунту і частинок щебеню при різних фізико-механічних і геометричних параметрах аналізованих об'єктів.

При цьому процес розбивається на два етапи. На першому етапі розглядається рух частинок щебеню і продуктів вибуху при миттєвій хвильовій детонації. На другому досліджується процес руху щебеню та ґрунту.

Постановка задачі про метання щебеню в ґрунт за допомогою вибуху циліндричного заряду ВР здійснювалася наступним чином. Щоб виключити вплив кінців заряду і нерадіальність розльоту продуктів детонації, заряд вважався нескінченним, а детонація – миттєвою. Після вибуху заряду ВР продукти детонації (ПД) розширюються і захоплюють за собою частки щебеню, прискорюючи і прогріваючи їх до високої температури. Після того як продукти вибуху досягають кордону з

ґрунтом, виникає відображена ударна хвиля, яка призводить до гальмування частинок. Ступінь гальмування визначається параметрами відбитої хвилі і частинок щебеню. Очевидно, що більш дрібні частинки повинні відчувати більш сильне гальмування.



*Рис. 1. Циліндричний заряд хімічної вибухової речовини (ВР), поміщеної в порожнину, заповнену щебенем, розташований у ґрунтовому масиві*

Розліт продуктів детонації повинен описуватися стандартними рівняннями динаміки суцільного сере-