

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»



Присвячується **90** річчю Гірничого факультету
ДонНТУ

ВІСТІ

ДОНЕЦЬКОГО ГІРНИЧОГО ІНСТИТУТУ

Всеукраїнський науково-технічний

журнал гірничого профілю

Виходить 2 рази на рік

Засновано у липні 1995 року

1(32)2013

ДОНЕЦЬК – 2013

УДК 622

Друкується за рішенням Вченої ради державного вищого навчального закладу «Донецький національний технічний університет» (протокол № 3 від 22.03.2013).

В журналі публікуються наукові статті з питань підземної розробки: геомеханіки, гірського тиску, стійкості виробок, технології проведення підготовчих виробок, проходки вертикальних стволів, буріння гірських порід; проектування гірничого обладнання; комплексу робіт при ліквідації шахт; обґрунтування та рішення техніко-економічних проблем.

Журнал розрахований на наукових співробітників, інженерно-технічних робітників шахт, проектних організацій, навчальних та науково-дослідних інститутів гірничого напрямку.

Засновник та видавець - Донецький національний технічний університет

Редакційна колегія: Башков Є.О., д-р техн. наук, проф.(головний редактор); Александров С.М., д-р техн. наук, проф. (заст. головного редактора); Булгаков Ю.Ф., д-р техн. наук, проф. (заст. головного редактора); Подкопаєв С.В., д-р техн. наук, проф. (відповідальний секретар); Шашенко О.М., д-р техн. наук, проф.; Усаченко Б.М., д-р техн. наук, проф.; Касьян М.М., д-р техн. наук, проф.; Грищенко М.М., д-р техн. наук, проф.; Садовенко І.О., д-р техн. наук, проф.; Борщевський С.В., д-р техн. наук, проф.; Костенко В.К., д-р техн. наук, проф.; Мартякова О.В., д-р екон. наук, проф.; Агафонов О.В., д-р техн. наук, проф.; Саммаль А.С., д-р техн. наук, проф.; Прокопов А.Ю., д-р техн. наук, доц.

Адреса редакційної колегії: Україна, 83001, м. Донецьк, вул. Артема, 58, ДВНЗ «ДонНТУ», 9-й учбовий корпус. Тел.: (062) 301-09-05.

Журнал зареєстрований в Державному комітеті інформаційної політики, телебачення та радіомовлення України. Свідоцтво: серія КВ, №7378 від 03.06.2003.

Журнал включено до переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (додаток до постанови президії ВАК України №1-05/1 від 10. 02. 2010, надруковано в бюлетені ВАК №3, 2010).

ISSN 1999-981X

© ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», 2013

УДК 622.28.044

Н.Н.КАСЬЯН (д-р техн. наук, проф.)

П.С. ДРИПАН (ст. преподаватель)

Донецкий национальный технический университет, Донецк

В.А. АНДРЕЙКО (мл. науч.сотр.)

Донецкий угольный институт, Донецк

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СПОСОБА ЗАКРЕПЛЕНИЯ АНКЕРА МЕТОДОМ СТАТИЧЕСКОГО ВДАВЛИВАНИЯ

В статье рассмотрено перспективное направление усовершенствования технологии анкерного крепления на базе нового безклеевого способа установки анкера. Приведено описание и результаты лабораторных испытаний закрепления анкера методом статического вдавливания. Произведен анализ экспериментальных зависимостей и подтверждена возможность закрепления анкера с использованием предложенного способа

Ключевые слова: анкер, способ закрепления, разность диаметров, модуль деформации, глубина впрессовки

В настоящее время до 90 % горных выработок поддерживаются металлической арочной податливой крепью, выполненной из тяжелых спецпрофилей. В усложняющихся горно-геологических и горно-технических условиях отработки угольных месторождений, как показывает опыт, они не обеспечивают необходимой устойчивости и безремонтного поддержания выработок. Их возведение является практически не механизированным, трудоемким процессом. Высокая материалоемкость крепей снижает технико-экономические показатели и сдерживает темпы проведения выработок. Анализ проведения ремонтных работ по перекреплению выработок показал, что их стоимость составляет до 70 % от общей стоимости проведения.

Анализ известных разработок и внедрений по креплению и поддержанию выработок в отечественной и зарубежной практике показал, что одним из перспективных направлений является применение анкерной крепи.

В мировой практике известно много способов закрепления анкеров, которые можно условно разделить на три направления. К первому направлению относятся способы закрепления замковых анкеров различных конструкций. Закрепление их осуществляется за счет сил трения, возникающих в предварительно пробуренном шпуре между породой и замковой частью анкера. Эффект упрочнения заанкерowanego массива создается за счет «подшивки» слабых расслаивающихся пород на контуре выработки к крепкому монолитному слою пород, или сшивки слоистых пород между собой. Продолжительность установки одного анкера колеблется от 2 до 5 мин, а несущая способность составляет 20-60 кН.

Этот способ обладает такими недостатками как: необходимость бурения шпура строго установленного диаметра и длины, сложность изготовления замковой части анкера и сложность его установки.

Ко второму направлению можно отнести анкеры, закрепление которых в шпуре основано на использовании вяжущих материалов. Наиболее распространенным в отечественной и в зарубежной практике в настоящее время является способ установки анкеров с использованием полимерных смол. Этот способ закрепления характеризуется высокой технологичностью. Но установка анкера при этом требует больших затрат на скрепляющие составы, которые составляют от 20 до 40% общей стоимости.

Третье направление включает в себя способы закрепления, в которых тело анкера фиксируется в шпуре без механических замков и скрепляющих составов – беззамковый способ.

Наиболее распространенные беззамковые способы: закрепление за счет энергии взрыва [1], либо за счет упругих сил при выпрямлении предварительно смятой вовнутрь тонкостенной трубы большего диаметра, чем диаметр шпура [2].

Известен способ закрепления трубчатого тонкостенного анкера Сплит-сет с продольным разрезом за счет упругих свойств при введении анкера диаметром 38 мм в шпур диаметром 35 мм. Усилие закрепления составляет от 25 до 50 кН на 1 м. Время установки анкера 2 мин. [2].

Перечисленные выше способы закрепления анкеров третьего направления, можно охарактеризовать, как ресурсосберегающие. Однако они требуют предварительного бурения шпура.

В США разработана безшпуровая технология установки анкера, которую также можно отнести к ресурсосберегающим.

Способ установки анкера крепи предусматривающий его закрепление без предварительного бурения шпура за счет вдавливания анкера с помощью гидравлической установки в окружающий выработку массив [3]. Сплошной анкерный стержень диаметром 20,6 мм вдавливался в породы прочностью 30-40 МПа на глубину 0,5–0,8 м. Одной из проблем при реализации данного способа является обеспечение заданного направления установки. К этому можно добавить плохую изученность характера перераспределения сил в зоне установки анкера. Применение данного способа невозможно осуществить в прочных породах.

Краткий обзор существующих способов закрепления анкеров показывает, что для их реализации необходимы определенные материальные затраты, связанные с бурением шпуров, специальным изготовлением анкеров, необходимостью применения дорогих связующих материалов, использованием специального оборудования. Поэтому, поиск и разработка ресурсосберегающих способов и средств закрепления анкерной крепи является весьма актуальной задачей. Совершенствование необходимо вести в направлении разработки и использования малооперационных и простых способов и средств.

Сотрудниками кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» ДонНТУ разработан новый безклеевой способ установки анкера [4].

В этом способе закрепление сплошного анкерного стержня диаметром большим, чем диаметр шпура осуществляется за счет сил возникающих в породном массиве на контуре шпура.

Закрепление анкера в предложенном способе может осуществляться в двух силовых режимах – статическом вдавливании и импульсно-ударном. В данной работе представлены результаты исследований закрепления анкера в статическом режиме.

Исследование усилия закрепления анкера в статическом режиме проводили в лабораторных условиях методом структурного моделирования. Масштаб моделирования 1:10. Для проведения экспериментальных работ образцы имитирующие массив изготавливались из породных кернов мелкозернистого песчаника с прочностью на одноосное сжатие – 60 МПа. Цилиндры диаметром – 100 мм и высотой 50 мм имели параллельные поверхности.

Для испытаний использовались породные керны разведочных скважин в Геологоразведочного управления г. Макеевка. Затем на камнерезной машине образцы распиливались на цилиндры высотой 50 мм. Отверстия в породе сверлились

одинакового диаметра. Однако из-за биения сверлильного инструмента происходило увеличение отверстия в породе.

По известному диаметру отверстия в породе, который замерялся специальным прибором "Нутромер", производился подбор необходимого диаметра модели сплошного анкера. Значение диаметров анкера превышало диаметр отверстия в породе на 0,1; 0,2 и 0,3 мм.

Анкера вытачивались из шестигранного прутка стали марки ст.4. Длина заготовки – 150 мм. Длина в хвостовике заготовки 100 мм для удобства при выдергивании анкера на втором этапе.

Вдавливание образца в породу производилось на прессе «ЗИМ» тип Р5. Для более четкого определения усилия вдавливания нагрузка осуществлялась через образцовый динамометр ДОСМ 3-5 на 50 кН или 5000 кгс №3110 ГОСТ 13837–79.

Схемы нагружения моделей приведены на рисунке 1. Подготовленный образец 1 устанавливали на площадку 2 механического пресса. В отверстие 3 помещали стержень 4, имитирующий анкер. После чего производилось его вдавливание с постоянным усилием со скоростью $0,4 \cdot 10^{-3}$ м/с. Глубину запрессовки определяли с помощью штангенциркуля. Критерием качества закрепления анкера принимали усилие извлечения.

Выдергивание производилось с помощью того же пресса, что и для проведения первого этапа. Однако при этом между измерительным прибором – динамометром и прессом устанавливалась специальная переходная обойма.

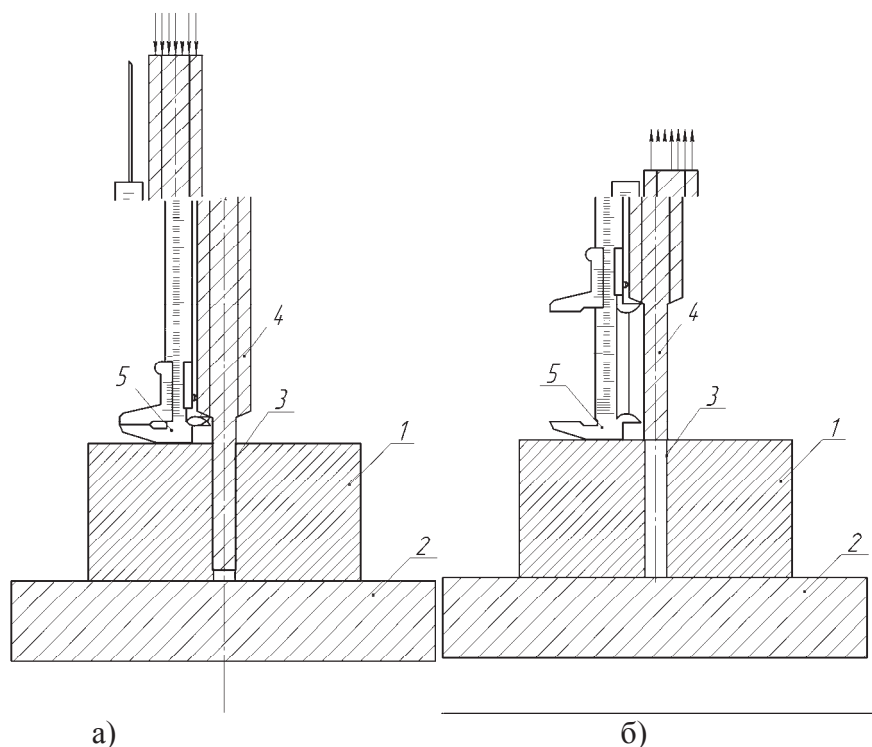
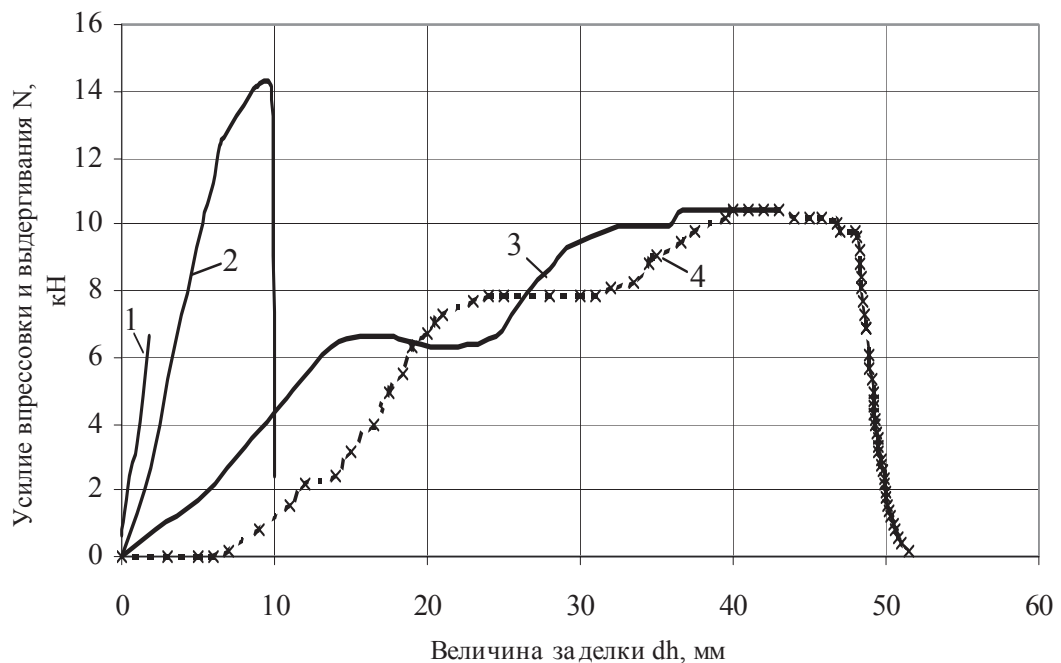


Рисунок 1- Схемы проведения лабораторных экспериментов: а – при запрессовке, б – при вытравливании

На рис. 2 приведены результаты лабораторных испытаний процесса запрессовки моделей сплошных анкеров с различными диаметрами в шпуров с меньшим диаметром. Позиции 1, 2, 3 соответствуют величинам превышения диаметра анкера

ра над диаметром шпура соответственно на 3,8; 2,5; 1,3%. Испытания показали, что в первых двух случаях происходит хрупкое разрушение образцов породы при введении анкера на глубину равную соответственно 3 и 10 мм. При этом наблюдается резкое увеличение усилия впесовки. При относительной разности диаметров анкера и шпура равной 1,3 % процесс впесовки анкера на глубину 50 мм сопровождается увеличением усилия впесовки от 0 до 10 кН. Позиция 4 (рис. 2) отражает изменение усилия выдергивания анкера от величины его закрепления в образце. Зависимость усилия выдергивания анкера при уменьшении величины участка его закрепления с 50 до 20 мм, практически адекватно отражает процесс впесовки анкера. Дальнейшее уменьшение величины участка закрепления анкера связано с резким изменением усилия его выдергивания особенно на его конечной стадии. Это связано, на наш взгляд, с увеличением диаметра шпура за счет истирания пород на его контуре при впесовке анкера.



1, 2, 3 – зависимость усилия впесовки от глубины заделки при превышении диаметра анкера над диаметром шпура соответственно на 3,8; 2,5 и 1,3%; 4 - зависимость усилия выдергивания от глубины заделки

Рисунок 2 - Зависимость усилия впесовки и выдергивания анкера от величины заделки.

Оценку эффективности механических систем удобно проводить через величину работы совершенной системой. В данном случае работа впесовки и выдергивания будет равна площади под соответствующей кривой (рис 2).

Сравним работы на вдавливание и выдергивание анкера. Из сравнения видно, что общая работа на вдавливание на 17 % больше чем работа на выдергивание. При этом из графиков видно, что на разных этапах нагрузки это соотношение разное. Так на участке отверстия 0-50% от его длины разница работ 51%, а на участке 50-100% длины – всего 2%. А в ближайших от устья отверстия 7 мм (14% длины) усилие выдергивания близко к нулю. Таким образом, основная разница работ на вдавливание и вытягивание наблюдается в устьевой части отверстия. Что объясня-

ется максимальным истиранием отверстия в устьевой части, через которую движется весь стержень.

Анализ кривых нагрузка-деформация впрессовывания и их сравнение для разного соотношения диаметра отверстия и стержня проведем через модуль деформации впрессовывания, который определим как тангенс угла наклона кривых на графиках рис.3 и характеризует сопротивление материала вдавливанию.

Соответственно $\alpha_1=82^\circ$, $\alpha_2=74^\circ$, $\alpha_3=42^\circ$. Построим зависимость модуля деформации впрессовывания от отношения диаметров отверстия и стержня (рис. 4).

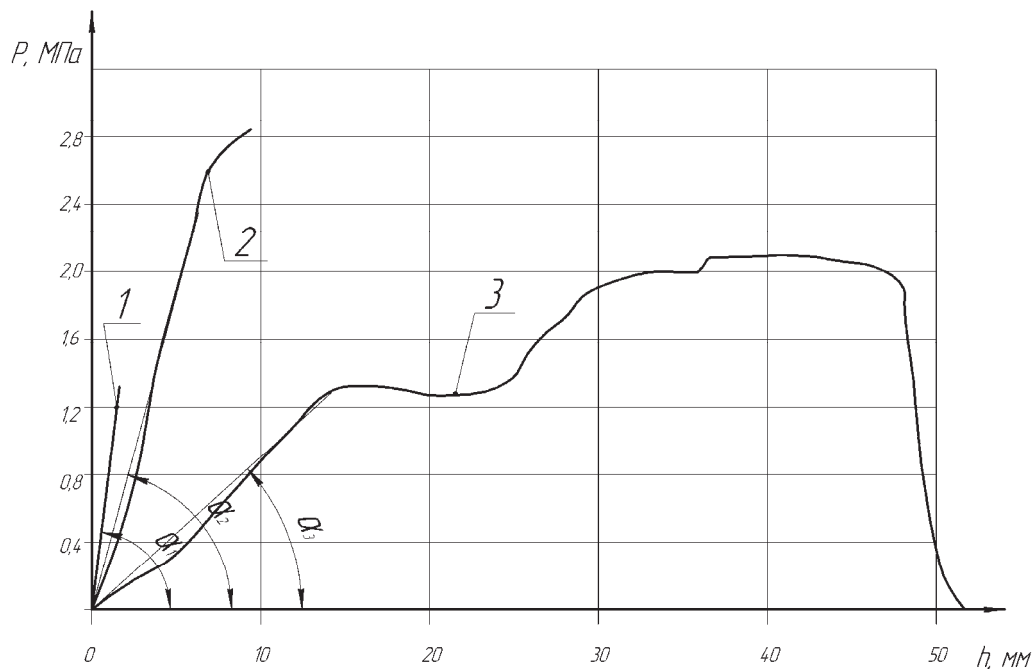


Рисунок 3 - Изменение давления впрессовки анкера от глубины впрессовки при превышении диаметра анкера над диаметром шпура соответственно: 1 – на 3,8%; 2 – на 2,5%; 3 – на 1,3%

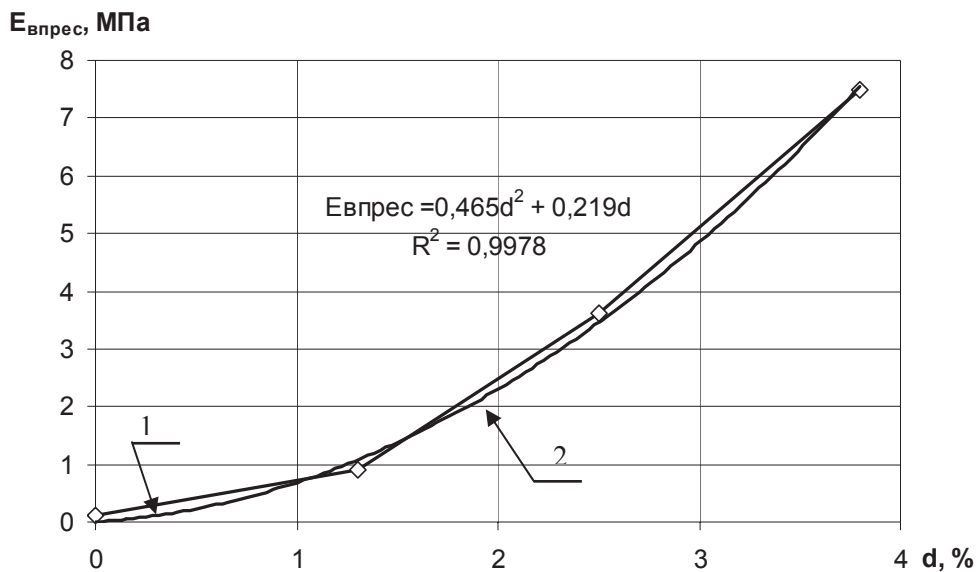


Рисунок 4 - Зависимость модуля впрессовывания анкера от величины превышения диаметра анкера над диаметром отверстия: 1 – данные лабораторных испытаний; 2 – теоретическая кривая.

Полученная в лабораторных условиях кривая достаточно хорошо аппроксимируется параболической зависимостью вида $E_{\text{впрес}} = 0,465d^2 + 0,219d$, с коэффициентом корреляции 0,99.

Выводы. В результате проведенных исследований установили, что при статическом режиме работа вдавливания и выдергивания анкера отличается на разных этапах нагружения. Так, например, при разнице работ для всей длины отверстия 17%, на участке 0-50% длины отверстия работа вдавливания на 51% больше работы выдергивания, в то время как на участке 50-100% длины разница работ незначительная. Также проведенные исследования позволили определить зависимость изменения усилия вдавливания от разности диаметров шпура и отверстия, что позволяет рассчитывать параметры предлагаемого способа установки анкеров.

Список использованной литературы

1. Анкерная крепь : Справочник / А. П. Широков, В.А. Лидер, М.А. Дзауров и др.- М: Недра 1990.- 205с.
2. Юхимов Я.И. Анкерные крепи и средства контроля за состоянием кровли (зарубежная информация) / Я.И. Юхимов, В.Г. Гальперин // Уголь Украины, 1983. – №10. –С.44-46.
3. Харрелл М.В. Новый гидравлический способ установки анкерных болтов / М.В. Харрелл // Mining Congress Journal. – 1971.– №6.
4. Патент на корисну модель №55763 Україна. МКИ E21D 20/00. Спосіб встановлення анкера / Касьян М.М., Новіков О.О., Петренко Ю.А., Дрипан П.С., Шестопапов І.М., Гладкий С.Ю., Виговський Д.Д. – Заявл. 04.06.2010 ; опубл. 27.12.2010 ; бюл. № 24. – 6 с.

Надійшла до редакції 01.04.2013

М.М.Касьян, П.С.Дрипан
Донецький національний технічний університет

В.О.Андрійко
Донецький вугільний інститут, Донецьк

ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБУ ЗАКРІПЛЕННЯ АНКЕРА МЕТОДОМ СТАТИЧНОГО ВТИСКУВАННЯ

У статті розглянутий перспективний напрям удосконалення технології анкерного кріплення на базі нового безклеєвого способу установки анкера. Приведено опис і результати лабораторних випробувань закріплення анкера методом статичного втискування. Вироблений аналіз експериментальних залежностей і potwierджена можливість закріплення анкера з використанням запропонованого способу

Ключові слова: анкер, спосіб закріплення, різниця діаметрів, модуль деформації, глибина упресування

N.N. Kas'yan, P.S. Dripan
Donetsk national technical university, Donetsk

V.A. Andreyko
Donetsk coal institute, Donetsk

LABORATORY RESEARCHES OF METHOD OF FIXING OF ANCHOR METHOD OF STATIC PRESSING

In the article perspective direction of improvement technology of the anchor fastening is considered on the base of new bezkleevogo method of setting of anchor. Description and results of alpha tests of fixing of anchor the method of the static pressing is resulted. The analysis of experimental dependences is produced and possibility of fixing of anchor is confirmed with the use of the offered method

Key words: anchor, method of fixing, difference of diameters, module of de-structure, depth of vpressovki

Наукове видання

**Вісті Донецького гірничого інституту
Всеукраїнський науково-технічний журнал
гірничого профілю**
(українською, російською мовами)

1(32)2013

Відповідальний за випуск *С. В. Подкопаєв*

Редактор *А. В. Зиль*

Технічний редактор *Г. А. Федоренко*

Комп'ютерна верстка *А. В. Петренко*

Адреса видавця: Україна, 83001, м. Донецьк, вул. Артема, 58, ДВНЗ «ДонНТУ»,
9-й учбовий корпус. Тел.: (062) 301-09-67.

Підписано до друку 23.03.2013. Формат 60×84 ¹/₈. Папір офсетний. Друк різнографічний.
Ум. друк. арк. 35.3. Обл. вид. арк. 18.3 Тираж 100 прим.

Видавець та виготовлювач:

ДВНЗ «ДонНТУ»

83000, м. Донецьк, вул. Артема, 58, 9-й учбовий корпус

Свідоцтво про державну реєстрацію:

серія ДК №2982 від 21.09.2007.