

лавы составляет 5,0, таким образом, при глубине разработки 1200 м, разрушение заряда НРС в шпуре не произойдет.

Выводы. Для оценки возможности применения способа обеспечения устойчивости выработки с помощью силового распора пород в условиях нарастающего опорного давления проведены испытания затвердевшего образца НРС в поле напряжений близком к формируемому вблизи шпура в массиве на глубине 1200 м. Показано, что разрушение образца происходит при напряженном состоянии, соответствующему тензору напряжения  $z = 108$  МПа,  $x=y=15$  МПа, то есть при коэффициенте концентрации максимального главного напряжения 7,2. Переход из упругой в стадию пластических деформаций наблюдается при тензоре напряжения  $z = 84$  МПа,  $x=y=15$  МПа. Проведенные исследования позволили экспериментально установить физико-механические свойства НРС в твердой фазе в условиях обобщенного сжатия.

#### Литература

1. Касьян Н.Н, Сахно И.Г. Способ обеспечения устойчивости горных выработок в условиях неустойчивых пород / Известия ТулГУ. Науки о земле. Вып.1. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2011 - С.294-300.
2. Сахно И.Г. Лабораторные исследования особенностей работы невзрывчатых разрушающих веществ при фиксированном сопротивлении их объемному расширению / И.Г. Сахно // Проблемы гірського тиску. – Донецк: ДонНТУ, 2010. - №18. С. 132-146.
3. Алексеев, А.Д. Экспериментальная техника для исследования предельных состояний горных пород / А.Д. Алексеев, Г.П. Стариков, Т.П. Асеева, А.Ф. Морозов // Физика и техника высоких давлений. - 1993. - Т.3. - №3. – С. 135-145.
4. Борисов, А.А. Механика горных пород и массивов / А.А. Борисов. – М.: Недра, 1980. – 360 с.

УДК: 504.062.2.:662.997

### **АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЛИНО-ГРАФИТНОЙ СМЕСИ ДЛЯ ТЕПЛОПРОВОДЯЩИХ АНКЕРОВ**

**Завьялова Е.Л., Шипика А.С., Скринецкая И.В.**

*Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина*

*Исследована зависимость коэффициента теплопроводности глино-графитной смеси от ее состава для подтверждения возможности применения этой смеси в качестве теплопроводящего состава. Увеличение теплоотдачи породного массива при использовании глино-графитной смеси позволит повысить эффективность работы теплопроводящих анкеров.*

Экономическое развитие государства обязательно должно сопровождаться сохранением и восстановлением окружающей среды, в противном же случае под угрозой ставится жизнедеятельность общества в целом,

и каждого человека в частности. Поэтому основным принципом взаимодействия человеческого общества и природы должны быть не потребление, а гармоничное сосуществование. Для решения подобных задач первоочередным является обеспечение не только экологически чистой энергией, но и экономически выгодной. В постановке данного вопроса особое место уделяется альтернативной энергетике. В настоящее время использование геотермальной энергии в мировой практике является привычным делом. Так на сегодняшний день существует огромное количество не только разработок по возможному использованию геотермальной энергии, но уже и на практике успешно работают и функционируют целые геотермальные электростанции. Наиболее перспективными регионами для добычи и использования геотермальной энергии в Украине считаются сейсмически активные районы Крымских и Карпатских гор, так как именно в данных местах наблюдается резкое увеличение температуры земной коры.

Однако для горнодобывающих регионов Украины, в которых отсутствуют неглубоко расположенные высокопотенциальные термальные ресурсы, перспективным источником является теплота, получаемая из недр через стенки горных выработок глубоких шахт [1]. Учеными Донецкого национального технического университета предложен способ извлечения низкопотенциальной энергии, поступающей из недр и снимаемой теплоносителем со стенок горных выработок [2] с помощью шахтного геотермального теплообменника.

Шахтный геотермальный теплообменник (ШГТ) представляет собой совокупность горных выработок в горном массиве, в которых температура пород 30-50 °С и выше, где происходит извлечение теплоты недр путем нагревания, движущегося в выработках теплоносителя, как правило, воздуха или воды. Особенность способа состоит в том, что для этого используют выработанные пространства. В таких условиях теплосъем может производиться десятки и сотни лет, так как источник теплоты будет существовать в обозримом будущем.

Сущность другого способа заключается в усовершенствовании способа анкерного крепления выработок, в котором на участке разрушенных пород шпур бурят диаметром не менее двух диаметров анкера [3].

После закрепления анкера, зазор между ним и стенкой шпура заполняют теплопроводным наполнителем и устанавливают теплообмен с воздухом выработки с помощью опорной шайбы в виде радиатора, чем обеспечивается достижение технического результата - увеличение коэффициента теплопроводности горных пород, вмещающих выработку-канал, что позволяет увеличить эффективность передачи тепла из массива горных пород теплоносителю. Конструктивно теплопроводящий анкер выглядит следующим образом (рис. 1).

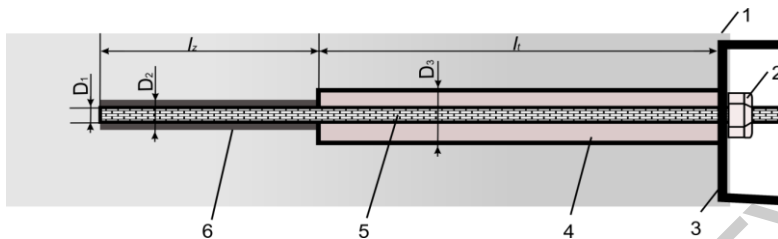


Рис. 1. Конструкция теплопроводящего анкера: 1 - породный массив; 2 - гайка; 3 - шайба-радиатор; 4 - теплопроводящий наполнитель шпура; 5 - анкер; 6 - скрепляющий состав;  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$  – диаметры, соответственно, анкера, шпура в замковой части, шпура в теплопроводящей части;  $l_2$ ,  $l_1$  – длина, соответственно, замковой и теплопроводящей части шпура.

В качестве теплопроводящего наполнителя можно использовать смесь глинистого материала, например бентонитовой глины, и порошкообразного графита. Предварительно смешивают сухие компоненты смеси в соотношении, определяющем необходимую величину коэффициента теплопроводности ( $\lambda$ ). Затем затворяют сухую смесь водой до консистенции в виде густой суспензии и, не давая глине разбухать, нагнетают шламовым насосом в шпур.

Экспериментальным путем была установлена и доказана возможность применения глино-графитной смеси в качестве теплопроводящего состава. Для проведения эксперимента были приготовлены 40 образцов с различной концентрацией графитового порошка (0; 5; 10; 15; 20; 50; 75 и 100 %). Приготовление образцов осуществляется в лаборатории с использованием прессы. Проведение непосредственных измерений осуществлялось согласно ГОСТ 25493-82 [4]. Кроме того, были проведены измерения коэффициента теплопроводности глино-графитной смеси в увлажненном состоянии. Для этого образцы помещались в эксикатор над поверхностью воды и выдерживались в нем до достижения максимальной степени водонасыщения, которая определялась по увеличению веса образца. Полученные коэффициенты теплопроводности увлажненной глино-графитной смеси представлены в табл. 1.

Таким образом, очевидна эффективность применения глино-графитной смеси для увеличения коэффициента теплопроводности. Снижение коэффициента теплопроводности увлажненных образцов с концентрацией графитового порошка 75 и 100% обусловлено, прежде всего, свойством гидрофобности графитового порошка.

Таблица 1 - Влияние содержания графита на величину коэффициента теплопроводности сухой и увлажненной глино-графитной смеси

Содержание графита в глино-графитной смеси, Сгр, % вес.	Коэффициент теплопроводности сухой глино-графитной смеси, $\lambda_{\text{сух}}$ , Дж/(м·оС)	Коэффициент теплопроводности увлажненной глино-графитной смеси, $\lambda_{\text{вл}}$ , Дж/(м·оС)	Увеличение коэффициента теплопроводности сухой глино-графитной смеси, %	Увеличение коэффициента теплопроводности увлажненной глино-графитной смеси, %
0	4,87	6,18	0	0
5	5,1	6,7	4,72	8,4
10	5,7	7,25	17,0	17,3
15	6,69	7,66	37,4	23,9
20	7,69	8,41	57,9	36,08
50	10,17	15,89	108,83	157,12
75	11,9	12,57	144,35	103,40
100	15,57	13,68	219,71	121,36

На рис.2 представлены графики зависимости коэффициента теплопроводности сухой и увлажненной глино-графитной смеси от концентрации графитового порошка. При этом зависимость коэффициента теплопроводности сухой глино-графитной смеси описывается формулой:

$$y=5,2945e^{0,0113x} \quad (1)$$

с коэффициентом парной корреляции  $r=0,95$ .

Зависимость коэффициента теплопроводности увлажненной глино-графитной смеси от содержания графита описывается формулой:

$$y=6,867e^{0,0086x} \quad (2)$$

с коэффициентом парной корреляции  $r=0,76$ .

Представленные результаты испытаний и полученные зависимости позволяют сделать вывод, что существует оптимальное значение содержания графита в глино-графитной смеси, при котором теплопроводность смеси в увлажненном состоянии максимальна.

Для использованных в эксперименте отходов графита его оптимальное содержание в увлажненной смеси составляет 75 % об.

Полученные результаты могут быть использованы для обоснования состава теплопроводящего наполнителя анкерной крепи, что позволит увеличить эффективность передачи тепла из массива горных пород теплоносителю при извлечении геотермального тепла из выработок глубоких шахт.

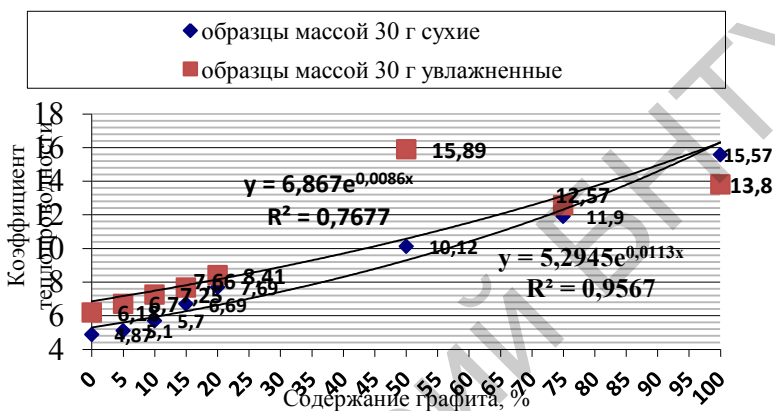


Рис. 2. Зависимость коэффициента теплопроводности от содержания графита в глино-графитной смеси

#### Литература

1. Шипика А.С., Скринецкая И.В., Завьялова Е.Л. Повышение эффективности использования теплопроводящих анкеров/ «Комплексне використання природних ресурсів»: V регіонал. конф., 6 грудня 2012 р.: зб. доповідей студентів та аспірантів. – Донецьк: ДонНТУ, 2012. - С.23-28.
2. Патент на винахід №82121 Україна МПК F24 J3/08, F03 G41/00. «Спосіб одержання геотермальної енергії» Костенко В.К. Костенко О.В., Костенко Т.В., заявник і власник ДонНТУ. – № u200603145; заявл. 03.04.2006; опубл. 11. 03. 2008, бюл. №5.
3. Патент на винахід № 102020 Україна, МПК E21D 21/00, E21D 20/00. Спосіб анкерного кріплення виробки/ В.К. Костенко, О.Л. Зав'ялова, С. Саліхерадж, О.С. Шипика; заявник і власник ДонНТУ. – № а 2011 12723; заявл. 31.10.2011; опубл. 27.05.2013, Бюл. №10.
4. ГОСТ 25493-82 Породы горные. Метод определения удельной теплоемкости и коэффициента температуропроводности