

УДК. 622.25.(06)

БОРЩЕВСКИЙ С.В., КАВЕРА А.Л., ТОРУБАЛКО Д.Т. (ДонНТУ), ПЛЕШКО М.С.,
(ШИ ЮРГТУ)

К ВОПРОСУ ОБ АНАЛИТИЧЕСКОМ ИССЛЕДОВАНИИ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МОНОЛИТНОЙ БЕТОННОЙ КРЕПИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ

Выполнено исследование основных способов повышения несущей способности монолитной бетонной крепи. Установлено, что наиболее эффективным является увеличение прочности бетона, а также применение бетонной крепи в комбинации с анкерами. Отмечено несовершенство использованных расчетных методов и необходимость разработки единой методики проектирования крепи, учитывающей все особенности взаимодействия крепи и массива на различных стадиях.

Монолитной бетонной крепью в угольной промышленности России закреплено около 98% вертикальных стволов, в горнорудной – 95%, в горно-химической – 60%. Аналогичная ситуация сложилась и в зарубежной практике. Широкое применение монолитного бетона для крепления стволов обусловлено рядом известных достоинств: высокой степенью механизации, долговечностью, огнестойкостью, сравнительно низкой стоимостью и др.

Оценивая тенденции совершенствования способов крепления и поддержания современных вертикальных стволов, можно утверждать, что в качестве основного вида крепи продолжает рассматриваться монолитный бетон. Об этом в частности свидетельствуют данные по ряду глубоких вертикальных стволов, проектирование и строительство которых осуществлялось в последние 10 лет (табл. 1).

Таблица 1

№ п/п	Название стола и горнодобывающего предприятия	Основной вид крепи	Диаметр, м	Глубина, м
1	«Северо-восточный» рудника «Дарасунский»	Монолитный бетон	6,0	1025
2	Шахта «Обуховская №1» - главный - вспомогательный - вентиляционный	Монолитный бетон	7,0 7,0 6,0	904 922,2 919
3	Вентиляционно-вспомогательный рудника «Удачный» АК «Алроса»	Монолитный бетон, железобетонные тубинги	8,0	1089,5
4	Рудоподъемный рудника «МИР» АК «Алроса»	Монолитный бетон, чугунные тубинги	8,0	1057
5	Шахта им. А.Ф. Засядько, Украина: - воздухоподающий №2 - вентиляционный №2 - вентиляционный №3	Монолитный бетон	7,0 6,5 7,0	1265 1022 1222
6	Вентиляционный ВС-10, рудник «Скалистый» ОАО ГМК «Норильский никель»	Монолитный бетон	9,0	2054

В то же время, учитывая постоянное увеличение глубины стволов и ухудшение горно-геологических условий необходимо дальнейшее повышение технико-экономической эффективности монолитной бетонной крепи и приближение ее параметров к тубинговым крепям.

Основной технической характеристикой любой крепи является ее несущая способность, которую можно увеличить различными способами. Анализ современных исследований позволяет выделить три наиболее распространенных: увеличение толщины крепи, повышение прочностных характеристик бетона, применение комбинированных анкерно-бетонных крепей.

Выполним аналитический анализ эффективности этих способов путем определения области применения крепи с различными параметрами на основании расчета по схеме контактного взаимодействия крепи и массива.

Радиальные напряжения на контакте монолитной бетонной крепи с массивом (нагрузка на крепь) в соответствии с [1] представим в виде

$$p_0 = \frac{2 \cdot \lambda \cdot \alpha^* \cdot \gamma \cdot H}{2 + \frac{G_0}{G_1} \cdot \frac{c_1^2 (\chi_1 - 1) + 2}{c_1^2 - 1}}, \quad (1)$$

где H - глубина ствола; γ - средний объемный вес вышележащей толщи пород; λ - коэффициент бокового распора пород, определяемый из выражения

$$\lambda = \frac{v_0}{1 - v_0};$$

v_0 - коэффициент поперечной деформации пород; G_0 - модуль сдвига пород массива; G_1 - модуль сдвига бетона крепи; c_1 - коэффициент, характеризующий толщину монолитной бетонной крепи

$$c_1 = \frac{r_1}{r_2},$$

r_2, r_1 - соответственно внутренний и наружный радиусы крепи ствола, м; χ_1 - коэффициент вида напряженного состояния, при плоской деформации

$$\chi_1 = 3 - 4v_1,$$

v_1 - коэффициент поперечной деформации бетона крепи;

При наличии вокруг монолитной бетонной крепи упрочненного анкерами слоя пород, рассматриваемого как квазиоднородный, нагрузка на крепь согласно [2] определяется по формуле

$$p_0 = (1 - C_2) \frac{A + \beta \cdot a_2}{\beta^2 B (C_3 - 1) + \beta \cdot C + A(1 - C_2)} \lambda \cdot \alpha^* \cdot \gamma \cdot H; \quad (2)$$

где $A = (1 - 2v_2) \cdot (C_3 - 1)$; $B = (1 - 2v_1 + C_2) \frac{G_1}{G_0}$; $C = a_2(1 - C_2) + a_1 B$;

$$C_3 = \left(\frac{r_3}{r_1}\right)^2; \quad C_2 = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2; \quad a_1 = (1 - 2v_2) \cdot C_3 + 1; \quad a_2 = 1 - 2v_2 + C_3,$$

здесь β - коэффициент упрочнения пород анкерами; r_2 - внешний радиус породного кольца, упрочненного анкерами; ν_2 - коэффициент поперечной деформации упрочненного анкерами породного слоя.

При проведении расчетов приняты следующие исходные данные: средний объемный вес вышележащей толщи пород, $\gamma=0,025$ МН/м³; коэффициент поперечной деформации пород, $\nu_0=0,3$; коэффициент, учитывающий отставание крепи от забоя, $\alpha^*=0,8$ (совмещенная технологическая схема); радиус ствола в свету, $r_2=3,0$ м.

При расчете комбинированной крепи приняты: плотность установки анкеров, $n_a=1$ анк/м²; несущая способность анкера 100 кН; коэффициент $\beta=1,9$, коэффициент $\nu_2=\nu_0$.

Вариации подвергались: класс бетона крепи в диапазоне В15 - В30, толщина монолитной бетонной крепи ($t=250 - 500$ мм), длина анкеров ($l=0,5 - 2,0$ м.).

На основании полученных по формулам (1) и (2) значений нагрузок на крепь рассчитывались средние тангенциальные напряжения в бетоне крепи, и оценивалась ее несущая способность в соответствии с выражением:

$$\sigma_m \leq R_b, \quad (3)$$

где R_b - расчетное сопротивление бетона одноосному сжатию.

В результате расчетов определялась область применения крепи в виде максимально возможной глубины ствола H , при которой условие (3) выполнялось, в зависимости от модуля сдвига вмещающих пород G_0 . Графическая интерпретация полученных результатов при граничных значениях варьируемых параметров представлена на рис. 1 - 3.

По рис. 1 - 3 можно выполнить сравнительную оценку эффективности повышения несущей способности бетонной крепи класса В15, толщиной 250 мм (базовый вариант) путем увеличения в два раза класса бетона, толщины крепи, или установки анкерной крепи длиной 2 м.

Необходимо отметить, что сметная себестоимость монолитной бетонной крепи толщиной 250 мм в комбинации с анкерами длиной 2 м приблизительно соответствует себестоимости монолитной бетонной крепи толщиной 500 мм.

Эффективность повышения несущей способности крепи оценивалась с помощью параметров:

- увеличение класса бетона

$$K_B = \frac{H_{\max.B}}{H_{\max.баз}};$$

- увеличение толщины крепи

$$K_t = \frac{H_{\max.t}}{H_{\max.баз}};$$

- анкерное упрочнение

$$K_{анк} = \frac{H_{\max.анк}}{H_{\max.баз}},$$

где $H_{\max.баз}$ - максимальная глубина применения базового варианта крепи; $H_{\max.B}$ - максимальная глубина применения крепи класса В30 той же толщины; $H_{\max.t}$ - максимальная область применения крепи толщиной 500 мм того же класса; $H_{\max.анк}$ - макси-

мальная область применения базового варианта крепи в комбинации с анкерами длиной 2 м.

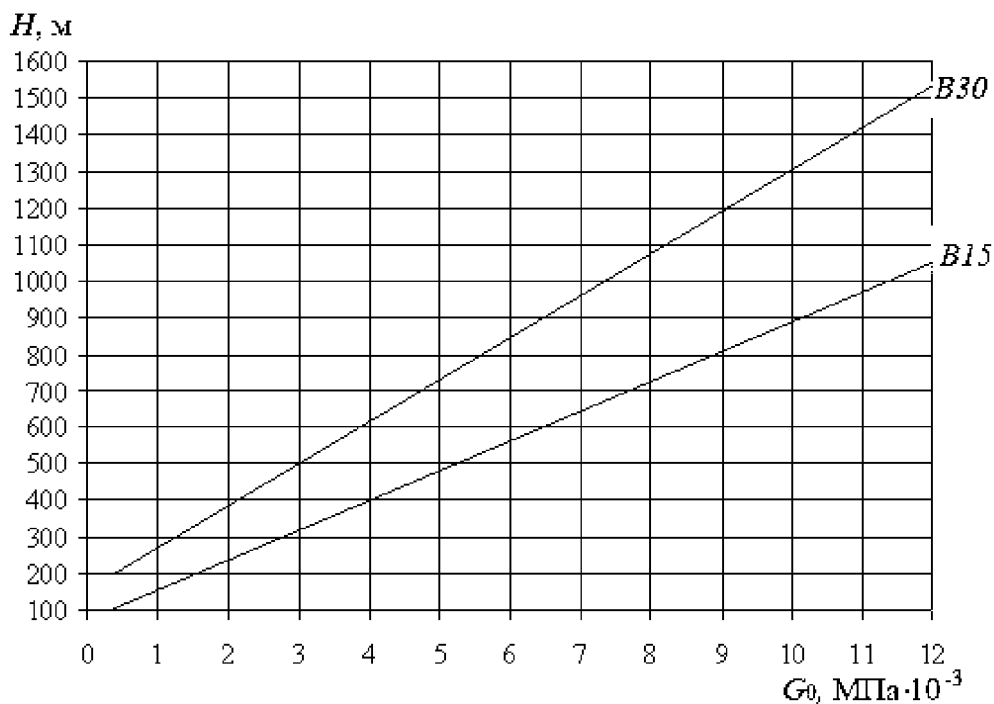


Рис. 1. Область применения монолитной бетонной крепи толщиной 250 мм при классе бетона В 15 и В 30.

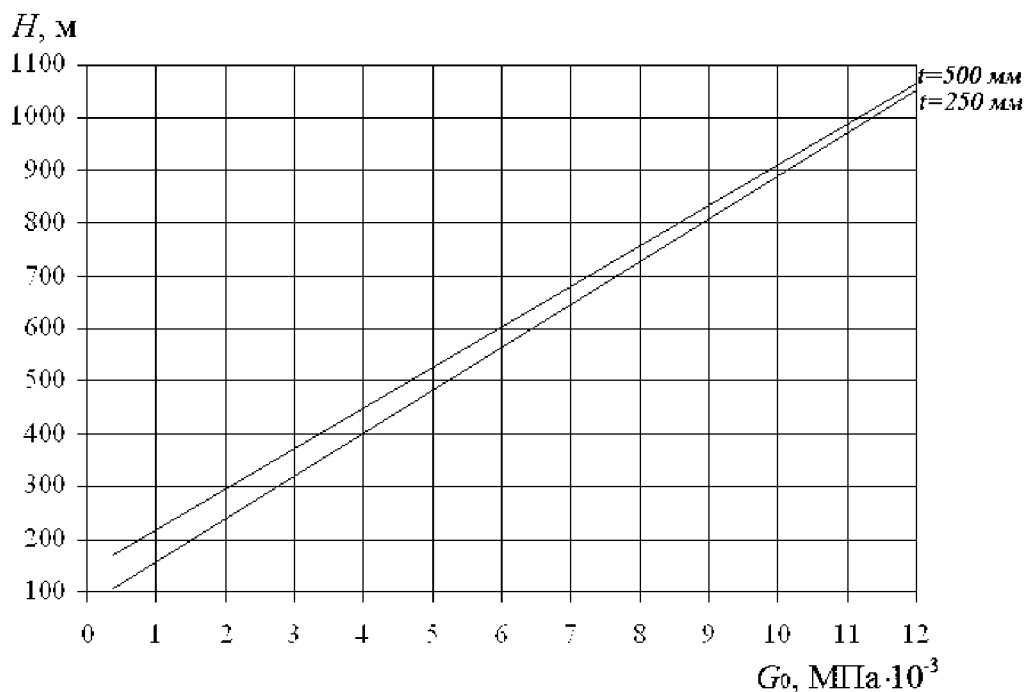


Рис. 2. Область применения монолитной бетонной крепи класса В 15 толщиной 250 мм и 500 мм.

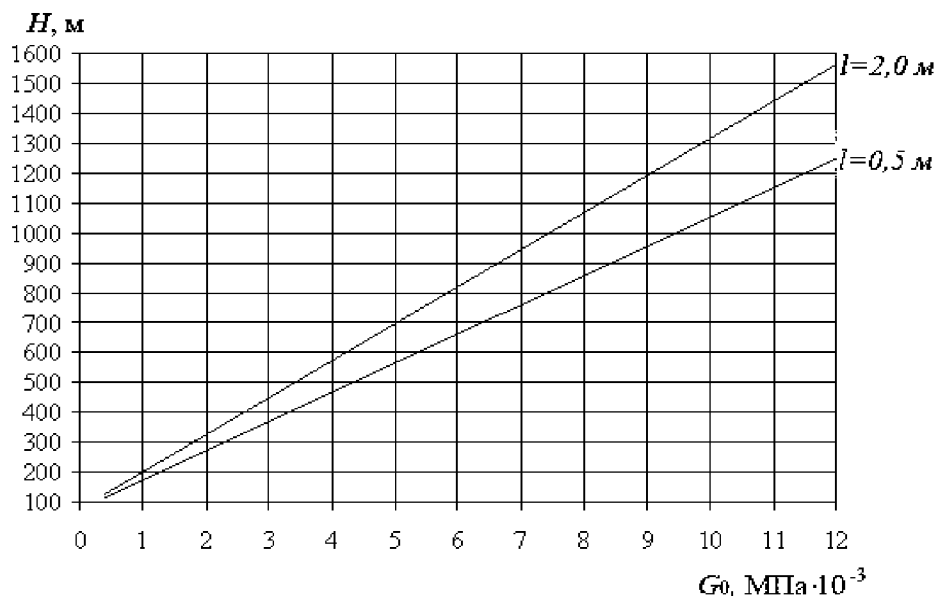


Рис. 3. Область применения монолитной бетонной крепи класса В 15 толщиной 250 мм в сочетании с анкерами при длине анкеров 0,5 и 2,0 м

На рис. 4 представлены графики зависимости параметров K_B , K_t и $K_{анк}$ от модуля сдвига пород вмещающего массива G_0 .

Из рис. 4 следует вывод, что при проектировании мер по повышению несущей способности монолитной бетонной крепи вертикальных стволов в первую очередь должна рассматриваться возможность увеличения класса бетона. Увеличение толщины крепи в рассмотренном диапазоне условий малоэффективно и может быть рекомендовано только в слабых породах ($G_0 < 2000$ МПа). В остальных случаях после исчерпания возможностей по варьированию прочности бетона целесообразно производить анкерное упрочнение породного массива.

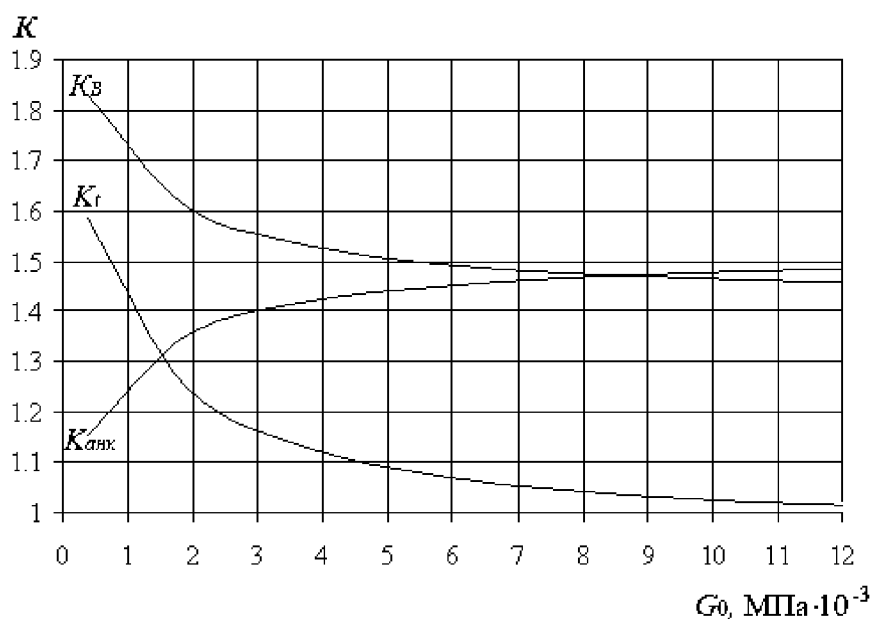


Рис. 4. Эффективность рассмотренных способов повышения несущей способности крепи в различных условиях

В заключении следует отметить, что выполненное исследование, хотя и основано на современных аналитических методах расчета крепи, содержит ряд допущений и не учитывает влияние многих факторов. В частности формулы (1) и (3) содержат эмпирические коэффициенты α^* и β , методика определения которых требует дальнейшего совершенствования. Рассмотрение породного массива, упрочненного анкерами, как квазиоднородного, является довольно условным. В представленных расчетах не учитывается слоистость и трещиноватость породного массива, а также неоднородность самой крепи. Большое значение на несущую способность крепи оказывает технология работ и последующие условия эксплуатации.

В настоящее время методы расчета крепи постоянно совершенствуются, используется все более сложный математический аппарат и методы механики твердого тела, позволяющие исключить ряд указанных выше несоответствий аналитической модели реальным условиям. Однако разработка единой методики проектирования крепи вертикальных стволов, учитывающей все стадии строительства и эксплуатации сооружения и основанной на применении научно обоснованных ресурсосберегающих способах крепления, остается актуальной задачей строительной геотехнологии.

Библиографический список

1. Инструкция по расчету и применению облегченных видов крепей с анкерами в вертикальных стволах. – Харьков. ВНИИОМШС, 1990. – 75 с.
2. Булычев Н.С. Механика подземных сооружений. Учеб. для вузов. – М.: Недра, 1994. – 382 с.

© Борцевский С.В., Кавера А.Л., Торубалко Д.Т., Пleshko М.С., 2008

V. HUDEČEK (VŠB-Technical University of Ostrava), O. MOROZ (DonNTU)

RESULTS OF MEASUREMENTS OF SOME FORECAST INDICATORS AND PREVENTION OF THE EXTRACTED FACE No. 065 632

In the article, evaluation results obtained from the area of the face No. 065 632 in the Paskov Mine in the Ostrava-Karviná Coalfield are presented. This is a case of a face operated in the years 2005-2006. It was classed as with the 2nd coal and gas outburst hazard degree. Basic parameters of the seam and the area of the mentioned face, the method of gas drainage, volumes of gas drained during face operation are provided. A separate part is formed by the evaluation of the level of coal and gas outburst forecast, by preventive measures applied to reduce hazards and the successfulness of the measures. The area of the face evaluated is shown in the figure, in which the situation of gas drainage boreholes and an area effectively infused are there too. As well, examples of the evaluation of forecast indicators from mine workings driven in the evaluated area of the face in a form of 2D graph are given. Because measured values of forecast indicators obtained in the course of mining of the face No. 065 632 have not been evaluated yet, any 3D graph is not included.

Introduction

General characteristics of problems of coal and gas outbursts in the Czech Republic are described in /1/. We acquainted the reader with coal deposits of the Czech Republic, the geographical position of the deposits, and we specified problems of hard coal mining in the Ostrava-Karviná Coalfield. The evaluation of a geomechanical event, namely coal and gas