

УДК 622.831.312:622.833.52

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОМБИНИРОВАННОГО ОХРАННОГО СООРУЖЕНИЯ НА НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОРОД ВОКРУГ ПОДГОТОВИТЕЛЬНОЙ ВЫРАБОТКИ

Митин Р. В., студент гр. РПМЗс-16,
Самойлов В. Л., канд. техн. наук, проф.,
Мальшева Н. Н., асс., науч. рук.,
Нефёдов В. Е., асс.
(ГОУВПО «ДонНТУ», г. Донецк, ДНР)

С помощью численного моделирования с использованием программы Ansys установлено влияние параметров (глубины разработки, сечения выработки в проходке, количество рядов тумб БЖБТ, расстояния от выработки до места их возведения, ширины бутовой полосы) на напряженное состояние пород вокруг подготовительной выработки. С помощью статистической обработки результатов моделирования с использованием программы Statistica получены зависимости, позволяющие определять напряженное состояние пород вокруг подготовительной выработки в зависимости от указанных выше параметров. С использованием программы Excel получена минимальная и максимальная разница в напряженном состоянии пород вокруг подготовительной выработки между моделью с БЖБТ и моделью с комбинированным охранным сооружением.

Ключевые слова: горная выработка, охранное сооружение, напряженное состояние, Ansys, Statistica.

В предыдущей статье было установлено, что в условиях ш. им. Калинина даже 3 ряда БЖБТ не оказывают существенного влияния на изменение напряжённого состояния пород вокруг подготовительной выработки. Было принято решение использовать вместо БЖБТ комбинированное охранное сооружение [1], у которого в качестве жесткой части были использованы БЖБТ, в качестве податливой – бутовая полоса, выложенная гидравлическим способом (рисунок 1), модуль деформации которой составлял $E = 62,5$ МПа [2], удельный вес $\gamma = 1,695$ т/м³, а ширина изменялась в пределах $B = 10 - 20$ м.

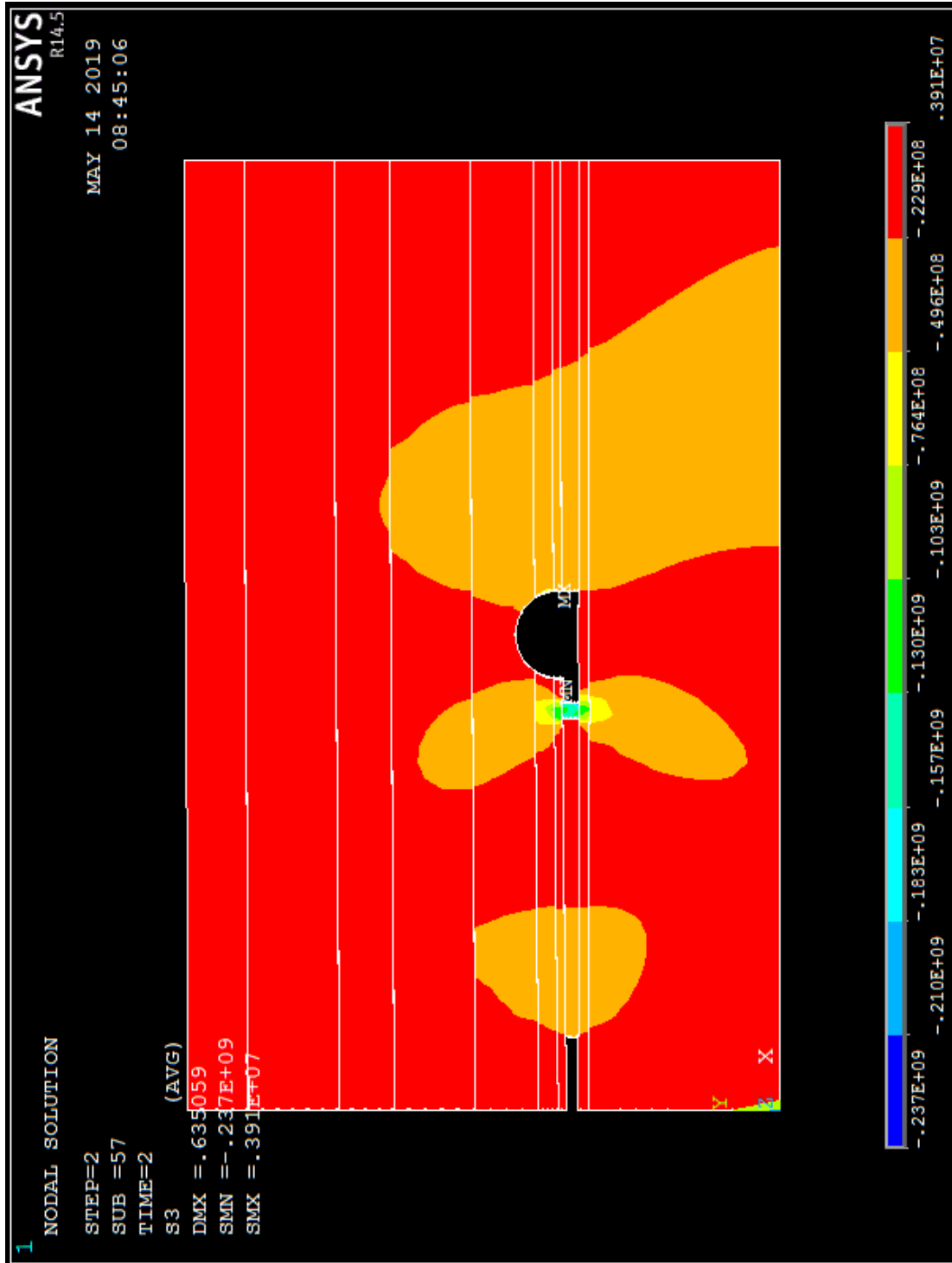


Рис. 1. Сжимающие напряжения $\sigma_{сжс}$, Па: $n_{ряд} = 1,5$ ряда; $l = 1,5$ м; $H = 722$ м; $B=20$ м; $S_{np} = 20,4$ м²

Упругие свойства вмещающих пород и охранного сооружения, порядок проведения эксперимента, варьируемые параметры и отклик моделируемой физической системы на изменения её параметров представлены в предыдущей статье.

Благодаря планированию эксперимента по методу латинского куба количество экспериментов удалось сократить с $5^5=3125$ до 20.

Для того чтобы сократить количество формул, которое необходимо создать для описания напряжённого состояния пород вокруг подготовительной выработки, был использован критерий. Согласно ему те изменения считаются значительными, которые превысили барьер в 20 % от рассматриваемой величины. Значительные изменения произошли в пласте и породах кровли.

Для того, чтобы определить вид зависимостей объема разрушенных элементов $V, \text{ м}^3$ и расстояние от выработки до максимума сжимающих напряжений $l_{on}, \text{ м}$ со стороны выработанного пространства от варьируемых параметров $H, S_{np}, n_{ряд}, l, B$, а также степень влияния каждого из них на зависимую переменную, был использован множественный регрессионный нелинейный анализ с помощью программы Statistica. В результате анализа был получен порядок расположения независимых переменных по степени их влияния на зависимую переменную (таблица 1 и 2).

Таблица 1

Доли объясненной дисперсии для зависимой переменной $V, \text{ м}^3$

Место	Доли объясненной дисперсии $R_{adj}^2, \%$									
	разрушение от сжатия					разрушение от растяжения				
	$H, \text{ м}$	$l, \text{ м}$	$B, \text{ м}$	$S_{np}, \text{ м}^2$	$n_{ряд}, \text{ шт.}$	$H, \text{ м}$	$l, \text{ м}$	$B, \text{ м}$	$S_{np}, \text{ м}^2$	$n_{ряд}, \text{ шт.}$
Кровля	95,194	0,292	0,039	0,034	0,005	45,277	51,267	0,114	0,096	0
Пласт	85	0,23	0,016	0,001	0	—				

Как видно из таблицы 1, на разрушение от сжатия в пласте и породах кровли по степени их влияния независимые переменные расположились в следующем порядке: глубина разработки $H, \text{ м}$;

расстояние от выработки до места возведения тумб l , м; ширина бутовой полосы B , м; сечение выработки в проходке S_{np} , м²; количество рядов тумб БЖБТ $n_{ряд}$, шт. На разрушение от растяжения в породах кровли по степени их влияния независимые переменные расположились в следующем порядке: расстояние от выработки до места возведения тумб l , м; глубина разработки H , м; ширина бутовой полосы B , м; сечение выработки в проходке S_{np} , м².

Таблица 2

Доли объясненной дисперсии для зависимой переменной l_{on} , м

Место	Доли объясненной дисперсии R_{adj}^2 , %				
	$n_{ряд}$, шт	l , м	B , м	H , м	S_{np} , м ²
Непосредственная кровля (слой 1)	92,58	6,16	0,87	0,01	0
Непосредственная кровля (слой 2)	1,89	91,57	6,28	0,11	0

Как видно из таблицы 2, на расстояние от выработки до максимума сжимающих напряжений l_{on} , м со стороны выработанного пространства в первом слое непосредственной кровли по степени их влияния независимые переменные расположились в следующем порядке: количество рядов тумб БЖБТ $n_{ряд}$, шт.; расстояние от выработки до места возведения тумб l , м; ширина бутовой полосы B , м; глубина разработки H , м. Во втором слое: расстояние от выработки до места возведения тумб l , м; ширина бутовой полосы B , м; количество рядов тумб БЖБТ $n_{ряд}$, шт.; глубина разработки H , м. Сечение выработки в проходке S_{np} , м² не оказывает влияние на расстояние от выработки до максимума сжимающих напряжений l_{on} , м со стороны выработанного пространства.

Полученный вид зависимостей был основан на мультипликативной модели временных рядов, каждый множитель которой представлял собой параболическую зависимость (таблица 3 и 4). В зависимости вошли только значимые параметры ($R_{adj}^2 > 5\%$).

Таблица 3

Формулы для расчета V , м³

Место	Объем разрушенных элементов V , м ³	
	от сжатия	от растяжения
кровля	$0,0006 \cdot H^2 - 0,0621 \cdot H - 2,2155$	$(0,0075 \cdot H^2 + 1,7675 \cdot H - 262,5779) \times (0,0806 \cdot l^2 - 0,2365 \cdot l + 0,1869)$
пласт	$0,9082 \cdot H - 0,0004 \cdot H^2 - 83,3053$	-

Как видно из таблицы 3 только глубина разработки H , м и расстояние от выработки до места возведения тумб l , м преодолели 5% барьер.

Таблица 4

Формулы для расчета l_{on} , м

Место	Расстояние от выработки до максимума сжимающих напряжений со стороны выработанного пространства l_{on} , м
Непосредственная кровля (слой 1)	$(2,2118 - 1,4442 \cdot n_{ряд} + 0,3801 \cdot n_{ряд}^2) \times (1,2204 + 1,1813 \cdot l - 0,2111 \cdot l^2)$
Непосредственная кровля (слой 2)	$(0,0419 + 0,4354 \cdot l - 0,1249 \cdot l^2) \times (34,5722 - 2,5161 \cdot B + 0,0543 \cdot B^2)$

Как видно из таблицы 3 только количество рядов тумб БЖБТ $n_{ряд}$, шт.; расстояние от выработки до места возведения тумб l , м и ширина бутовой полосы B , м преодолели 5 % барьер.

Сравнение моделей с БЖБТ и с комбинированным охраняемым сооружением показало, что использование в модели бутовой полосы в сочетании с БЖБТ (см. табл. 7):

- уменьшает максимальные сжимающие напряжения в непосредственной кровле со стороны выработанного пространства (слой 3);
- уменьшает максимальные растягивающие напряжения в основной кровле (слой 2);
- уменьшает объем разрушенных от растяжения пород в непосредственной кровле со стороны выработанного пространства (слой 1 и слой 3);
- переносит со стороны массива в сторону выработанного пространства максимальные растягивающие напряжения в основной кровле (слой 3 и слой 4) и максимальные сжимающие напряжения в основной почве (слой 1) и в основной кровле (слой 1 и слой 2).

Это объясняется тем, что породы непосредственной и основной кровель опираются на более длинное жесткое искусственное сооружение.

Используя те же принципы, были получены зависимости для указанных выше откликов (таблица 5, 6). Поскольку положение максимальных сжимающих (растягивающих) напряжений в модели с комбинированным охранном сооружением может быть как со стороны массива, так и со стороны выработанного пространства в зависимости от изменяемых параметров модели, то было решено заменить расстояние от выработки до максимума напряжений на его координату. Так как максимум напряжений в модели это не одна точка, а ряд точек с одинаковым значением, которые располагаются на некотором участке модели, было принято решение выделить минимальную и максимальную координату данного участка. Например, $x_{сж}^{min}$, $x_{сж}^{max}$ – это минимальная и максимальная координата по оси X участка, на котором расположен максимум сжимающих напряжений, а x_p^{min} , x_p^{max} – это минимальная и максимальная координата по оси X участка, на котором расположен максимум растягивающих напряжений.

Как видно из таблицы 5, не смотря на то, что напряженное состояние пород вокруг подготовительной выработки иногда определяется только глубиной разработки H , м, доля объясненной дисперсии составляет от средней до высокой.

Таблица 5

Формулы для модели с БЖБТ

формула	R_{adj}^2
основная почва (слой 1)	
$x_{сж}^{min} = (45,135 - 2,098 \cdot S_{np} + 0,056 \cdot S_{np}^2) \times$ $\times (0,995 - 0,037 \cdot l + 0,0001 \cdot l^2) \times$ $\times (0,911 + 0,158 \cdot n_{ряд} - 0,041 \cdot n_{ряд}^2)$	0,949
$x_{сж}^{max} = (44,878 - 2,067 \cdot S_{np} + 0,055 \cdot S_{np}^2) \times$ $\times (1,003 - 0,037 \cdot l + 0,00001 \cdot l^2) \times$ $\times (0,909 + 0,151 \cdot n_{ряд} - 0,039 \cdot n_{ряд}^2)$	0,953
непосредственная кровля (слой 1)	
$\sigma_{сж}^{max} = 7058366 - 376285 \cdot H - 41 \cdot H^2$	0,971
$V_p = 0,0002 \cdot H^2 + 0,055 \cdot H - 5,896$	0,819
непосредственная кровля (слой 3)	
$V_p = 0,00001 \cdot H^2 + 0,055 \cdot H - 4,004$	0,874
основная кровля (слой 1)	
$x_{сж}^{min} = (327,59 - 0,0705 \cdot H - 0,0001 \cdot H^2) \times$ $\times (4,403 - 0,1843 \cdot S_{np} + 0,0049 \cdot S_{np}^2) \times$ $\times (0,9771 - 0,0449 \cdot l - 0,0018 \cdot l^2) \times$ $\times (0,0280 + 0,0027 \cdot n_{ряд} - 0,0008 \cdot n_{ряд}^2)$	0,954
основная кровля (слой 2)	
$\sigma_p^{max} = 13649,0 \cdot H - 6,305 \cdot H^2 - 216404,1$	0,953
$x_{сж}^{min} = (4,105 \cdot H - 0,0052 \cdot H^2 - 10239,7) \times$ $\times (78,54 - 3,732 \cdot S_{np} + 0,0995 \cdot S_{np}^2) \times$ $\times (0,0470 \cdot l - 0,0051 \cdot l^2 - 0,7529) \times$ $\times (7,18 \cdot e^{-5} + 7,46e^{-6} \cdot n_{ряд} - 2,49e^{-6} \cdot n_{ряд}^2)$	0,948

Продолжение табл. 5

формула	R_{adj}^2
основная кровля (слой 3)	
$x_p^{min} = (6514,3 + 2,447 \cdot H - 0,0045 \cdot H^2) \times$ $\times (40,39 + 2,803 \cdot S_{np} - 0,0734 \cdot S_{np}^2) \times$ $\times (6,68e^{-6} \cdot l^2 - 1,20e^{-5} \cdot l - 0,0014) \times$ $\times (0,0750 - 0,0058 \cdot n_{ряд} + 0,0013 \cdot n_{ряд}^2)$	0,834
$x_p^{max} = (9,262 \cdot H - 0,0169 \cdot H^2 - 20211,8) \times$ $\times (19,602 + 0,8042 \cdot S_{np} - 0,0206 \cdot S_{np}^2) \times$ $\times (6,16e^{-7} \cdot n_{ряд}^2 - 3,36e^{-6} \cdot n_{ряд} + 8,34e^{-5})$	0,834
основная кровля (слой 4)	
$x_p^{min} = (0,9793 \cdot H - 0,0034 \cdot H^2 + 9924,4) \times$ $\times (30,409 + 3,182 \cdot S_{np} - 0,0853 \cdot S_{np}^2) \times$ $\times (0,0044 \cdot l^2 - 0,0019 \cdot l + 1,283) \times$ $\times (5,92e^{-5} - 6,68e^{-6} \cdot n_{ряд} + 1,55e^{-6} \cdot n_{ряд}^2)$	0,871

Таблица 6

Формулы для модели с комбинированным охранном сооружением

формула	R_{adj}^2
основная почва (слой 1)	
$x_{сж}^{min} = (48,515 - 0,785 \cdot S_{np} + 0,018 \cdot S_{np}^2) \times$ $\times (0,353 - 0,087 \cdot l + 0,026 \cdot l^2) \times$ $\times (0,168 + 0,283 \cdot n_{ряд} - 0,053 \cdot n_{ряд}^2) \times$ $\times (19,896 - 2,418 \cdot B + 0,079 \cdot B^2)$	0,945
$x_{сж}^{max} = (49,960 - 0,735 \cdot S_{np} + 0,016 \cdot S_{np}^2) \times$ $\times (0,334 - 0,085 \cdot l + 0,026 \cdot l^2) \times$ $\times (0,160 + 0,292 \cdot n_{ряд} + 0,062 \cdot n_{ряд}^2) \times$ $\times (19,963 - 2,436 \cdot B + 0,080 \cdot B^2)$	0,944

Продолжение табл. 6

формула	R_{adj}^2
непосредственная кровля (слой 1)	
$\sigma_{сж}^{max} = (6491,32 - 523,68 \cdot H + 0,114 \cdot H^2) \times$ $\times (1,114 \cdot l - 0,447 \cdot l^2 - 4,945) \times$ $\times (11,502 \cdot B - 0,281 \cdot B^2 - 200,61)$	0,997
$V_p = (0,001 \cdot H^2 - 0,012 \cdot H - 5,562) \times$ $\times (0,004 - 0,005 \cdot l - 0,002 \cdot l^2) \times$ $\times (5,096 \cdot B - 0,133 \cdot B^2 - 3,379)$	0,773
непосредственная кровля (слой 3)	
$V_p = (0,017 \cdot H^2 + 5,193 \cdot H - 624,117) \times$ $\times (0,0001 - 0,0002 \cdot l + 0,0001 \cdot l^2) \times$ $\times (0,254 \cdot B - 0,022 \cdot B^2 + 14,548)$	0,764
основная кровля (слой 1)	
$x_{сж}^{min} = (0,446 - 0,439 \cdot l + 0,175 \cdot l^2) \times$ $\times (1,801 + 0,562 \cdot n_{ряд} - 0,216 \cdot n_{ряд}^2) \times$ $\times (0,171 \cdot B^2 + 1,821 \cdot B - 21,951)$	0,735
основная кровля (слой 2)	
$\sigma_p^{max} = (9191,44 - 379,48 \cdot H - 0,002 \cdot H^2) \times$ $\times (0,679 \cdot l - 0,566 \cdot l^2 - 0,623) \times$ $\times (1,159 - 1,192 \cdot n_{ряд} - 0,135 \cdot n_{ряд}^2) \times$ $\times (0,121 \cdot B^2 - 0,247 \cdot B - 22,211)$	0,989
$x_{сж}^{min} = (0,188 \cdot l^2 - 0,449 \cdot l + 0,525) \times$ $\times (2,269 - 0,070 \cdot n_{ряд} - 0,096 \cdot n_{ряд}^2) \times$ $\times (0,151 \cdot B^2 + 0,922 \cdot B - 14,532)$	0,849

Продолжение табл. 6

формула	R_{adj}^2
основная кровля (слой 3)	
$x_p^{min} = (19453,6 - 0,006 \cdot H^2 + 7,725 \cdot H) \times$ $\times (23,253 + 0,952 \cdot S_{np} - 0,018 \cdot S_{np}^2) \times$ $\times (1,49e^{-7} \cdot l^2 - 3,66e^{-7} \cdot l + 8,63e^{-7}) \times$ $\times (0,052 \cdot B^2 + 3,83 \cdot B + 13,326)$	0,901
$x_p^{max} = (0,152 + 7,4e^{-5} \cdot H - 7,04e^{-8} \cdot H^2) \times$ $\times (0,002 \cdot S_{np}^2 - 0,109 \cdot S_{np} - 2,598) \times$ $\times (0,289 \cdot l - 0,116 \cdot l^2 - 0,564) \times$ $\times (0,165 \cdot B^2 + 6,218 \cdot B + 21,631)$	0,881
основная кровля (слой 4)	
$x_p^{min} = (1,632 + 0,069 \cdot S_{np} - 0,001 \cdot S_{np}^2) \times$ $\times (0,029 \cdot l^2 - 0,067 \cdot l + 0,287) \times$ $\times (18,615 + 3,429 \cdot B - 0,026 \cdot B^2)$	0,930

Как видно из таблицы 6, в отличие от модели с БЖБТ в модели с комбинированным охранным сооружением максимальные сжимающие напряжения в первом слое непосредственной кровли и во втором слое основной кровли, а также объем элементов разрушенных от растяжения элементов в первом и третьем слое непосредственной кровли зависят от параметров охранный сооружения.

С помощью надстройки Excel «Поиск решения» [3] была определена минимальная и максимальная разницу между указанными выше откликами, а также значения параметров, которые соответствовали этой разнице (таблица 7).

Как видно из таблицы 7 максимальное различие по модулю между моделями, как правило, соответствует большей ширине бутовой полосы.

Таблица 7

Различия между моделью с БЖБТ и с комбинированным охранным сооружением

Минимальная разница	Максимальная разница
основная почва (слой 1)	
$H = -M^*$	$H = -M^*$
$S_{np} = 18,68 \text{ м}^2$	$S_{np} = 12,7 \text{ м}^2$
$l = 3 \text{ м}$	$l = 0,96 \text{ м}$
$n_{ряд} = 3 \text{ шт.}$	$n_{ряд} = 1 \text{ шт.}$
$B = 10,75 \text{ м}$	$B = 15,31 \text{ м}$
для комб. охр. соор. $x_{сж}^{min} = 60 \text{ м}$	для комб. охр. соор. $x_{сж}^{min} = 8,55 \text{ м}$
для БЖБТ $x_{сж}^{min} = 22,90 \text{ м}$	для БЖБТ $x_{сж}^{min} = 27,17 \text{ м}$
разница $x_{сж}^{min} = -37,10 \text{ м}$	разница $x_{сж}^{min} = 18,62 \text{ м}$
$H = -M^*$	$H = -M^*$
$S_{np} = 18,51 \text{ м}^2$	$S_{np} = 23,67 \text{ м}^2$
$l = 0,59 \text{ м}$	$l = 0,92 \text{ м}$
$n_{ряд} = 3 \text{ шт.}$	$n_{ряд} = 1 \text{ шт.}$
$B = 20 \text{ м}$	$B = 15,30 \text{ м}$
для комб. охр. соор. $x_{сж}^{max} = 60 \text{ м}$	для комб. охр. соор. $x_{сж}^{max} = 7,84 \text{ м}$
для БЖБТ $x_{сж}^{max} = 25,24 \text{ м}$	для БЖБТ $x_{сж}^{max} = 26,63 \text{ м}$
разница $x_{сж}^{max} = -34,76 \text{ м}$	разница $x_{сж}^{max} = 18,79 \text{ м}$
непосредственная кровля (слой 1)	
$H = 770 \text{ м}$	$H = 21 \text{ м}$
$S_{np} = -M^2^*$	$S_{np} = -M^2^*$
$l = 1,25 \text{ м}$	$l = 3 \text{ м}$
$n_{ряд} = -\text{шт.}^*$	$n_{ряд} = -\text{шт.}^*$
$B = 20 \text{ м}$	$B = 10 \text{ м}$
комб. охр.соор. $\sigma_{сж}^{max} = -1,16e^8 \text{ Па}$	комб. охр.соор. $\sigma_{сж}^{max} = -2,85e^6 \text{ Па}$
для БЖБТ $\sigma_{сж}^{max} = -3,07e^8 \text{ Па}$	для БЖБТ $\sigma_{сж}^{max} = -8,62e^5 \text{ Па}$
разница $\sigma_{сж}^{max} = -1,91e^8 \text{ Па}$	разница $\sigma_{сж}^{max} = 1,99e^6 \text{ Па}$
$H = 675,7 \text{ м}$	$H = 108,6 \text{ м}$
$S_{np} = -M^2^*$	$S_{np} = -M^2^*$

Продолжение табл. 7

Минимальная разница	Максимальная разница
$l = 1,44$ м	$l = 1,44$ м
$n_{ряд} = -$ шт. *	$n_{ряд} = -$ шт *
$B = 20$ м	$B = 10$ м
для комб. охр. соор. $V_p = 4,2$ %	для комб. охр. соор. $V_p = 0$ %
для БЖБТ $V_p = 100$ %	для БЖБТ $V_p = 1,88$ %
разница $V_p = 95,8$ %	разница $V_p = 1,88$ %
непосредственная кровля (слой 3)	
$H = 92,2$ м	$H = 770$ м
$S_{np} = -$ м ² *	$S_{np} = -$ м ² *
$l = 1,11$ м	$l = 3$ м
$n_{ряд} = -$ шт. *	$n_{ряд} = -$ шт *
$B = 20$ м	$B = 10$ м
для комб. охр. соор. $V_p = 0$ %	для комб. охр. соор. $V_p = 26,04$ %
для БЖБТ $V_p = 26,64$ %	для БЖБТ $V_p = 26,64$ %
разница $V_p = 26,64$ %	разница $V_p = 0,60$ %
основная кровля (слой 1)	
$H = 21$ м	$H = 21$ м
$S_{np} = 18,85$ м ²	$S_{np} = 18,85$ м ²
$l = 3$ м	$l = 1,11$ м
$n_{ряд} = 1$ шт.	$n_{ряд} = 3$ шт.
$B = 14,41$ м	$B = 10$ м
для комб. охр. соор. $x_{сж}^{min} = 60$ м	для комб. охр. соор. $x_{сж}^{min} = 3,59$ м
для БЖБТ $x_{сж}^{min} = 22,39$ м	для БЖБТ $x_{сж}^{min} = 23,66$ м
разница $x_{сж}^{min} = -37,61$ м	разница $x_{сж}^{min} = 20,07$ м
основная кровля (слой 2)	
$H = 770$ м	$H = 770$ м
$S_{np} = -$ м ² *	$S_{np} = -$ м ² *
$l = 0$ м	$l = 0$ м
$n_{ряд} = 1$ шт.	$n_{ряд} = 3$ шт.
$B = 14,6$ м	$B = 10$ м

Продолжение табл. 7

Минимальная разница	Максимальная разница
для комб. охр. соор. $\sigma_p^{max} = 0$ Па	для комб.охр.соор. $\sigma_p^{max} = 8,09$ Па
для БЖБТ $\sigma_p^{max} = 6,56e^6$ Па	для БЖБТ $\sigma_p^{max} = 6,56e^6$ Па
разница $\sigma_p^{max} = 6,56e^6$ Па	разница $\sigma_p^{max} = -1,54e^6$ Па
$H = 21$ м	$H = 21$ м
$S_{np} = 18,84$ м ²	$S_{np} = 18,84$ м ²
$l = 3$ м	$l = 1,0$ м
$n_{ряд} = 1$ шт.	$n_{ряд} = 2$ шт.
$B = 14,94$ м	$B = 10$ м
для комб. охр. соор. $x_{сж}^{min} = 60$ м	для комб. охр. соор. $x_{сж}^{min} = 4,48$ м
для БЖБТ $x_{сж}^{min} = 22,35$ м	для БЖБТ $x_{сж}^{min} = 24,16$ м
разница $x_{сж}^{min} = -37,65$ м	разница $x_{сж}^{min} = 19,68$ м
основная кровля (слой 3)	
$H = 141,7$ м	$H = 770$ м
$S_{np} = 16,27$ м ²	$S_{np} = 23,67$ м ²
$l = 1,24$ м	$l = 1,89$ м
$n_{ряд} = 3$ шт.	$n_{ряд} = 2$ шт.
$B = 10$ м	$B = 20$ м
для комб. охр. соор. $x_p^{min} = 25,11$ м	для комб. охр. соор. $x_p^{min} = 60$ м
для БЖБТ $x_p^{min} = 42,60$ м	для БЖБТ $x_p^{min} = 35,22$ м
разница $x_p^{min} = -17,49$ м	разница $x_p^{min} = 24,78$ м
$H = 176,8$ м	$H = 176,0$ м
$S_{np} = 14,92$ м ²	$S_{np} = 12,7$ м ²
$l = 1,24$ м	$l = 2,12$ м
$n_{ряд} = 1$ шт.	$n_{ряд} = 3$ шт.
$B = 10$ м	$B = 20$ м
для комб. охр. соор. $x_p^{max} = 23,86$ м	для комб. охр. соор. $x_p^{max} = 60$ м
для БЖБТ $x_p^{max} = 46,47$ м	для БЖБТ $x_p^{max} = 44,55$ м
разница $x_p^{max} = -22,61$ м	разница $x_p^{max} = 15,45$ м

Продолжение табл. 7

Минимальная разница	Максимальная разница
основная кровля (слой 4)	
$H = 176,0$ м	$H = 177$ м
$S_{np} = 16,0$ м ²	$S_{np} = 12,7$ м ²
$l = 1,18$ м	$l = 2,91$ м
$n_{ряд} = 3$ шт.	$n_{ряд} = 2$ шт.
$B = 10$ м	$B = 20$ м
для комб. охр. соор. $x_p^{min} = 29,87$ м	для комб. охр. соор. $x_p^{max} = 60$ м
для БЖБТ $x_p^{max} = 40,68$ м	для БЖБТ $x_p^{max} = 33,78$ м
разница $x_p^{max} = -10,81$ м	разница $x_p^{max} = 26,22$ м

*Примечание: это параметр, не оказывающий существенного влияния на зависимую переменную.

Выводы:

1. Существенные изменения в напряженном состоянии при изменении параметров модели с комбинированным охранном сооружением были также выявлены только в пласте и непосредственной кровле.

2. Установлено, что в отличие от модели с БЖБТ параметры комбинированного охранного сооружения оказывают существенное влияние на напряжённое состояние пород вокруг подготовительной выработки.

3. Сравнение модели с БЖБТ и модели с комбинированным охранном сооружением показало, что использование в модели бутовой полосыв в сочетании с БЖБТ(см. табл. 7):

- уменьшает максимальные сжимающие напряжения в непосредственной кровле со стороны выработанного пространства (слой 3);
- уменьшает максимальные растягивающие напряжения в основной кровле (слой 2);
- уменьшает объем разрушенных от растяжения пород в непосредственной кровле со стороны выработанного пространства (слой 1 и слой 3);

- переносит со стороны массива в сторону выработанного пространства максимальные растягивающие напряжения в основной кровле (слой 3 и слой 4) и максимальные сжимающие напряжения в основной почве (слой 1) и в основной кровле (слой 1 и слой 2).

Библиографический список

1. Стулишенко, А. Ю. Прогнозирование сближений пород контура проводимых вслед за лавой подготовительных выработок на пологих пластах. [Текст]: дис. канд. техн. наук: 05.15.02: защищена 17.05.2002 / Стулишенко Алексей Юрьевич. – Донецк, 2002. – 170 с.

2. Рябцев, О. В. Обґрунтування технологічних параметрів колоштрекових бутових смуг, що зводяться вібро пневмотранспортними машинами: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.15.11 / Рябцев Олег Вікторович; НАН України, Ін-т геотехн. механіки. М. С. Полякова. – Дніпропетровськ, 2005. – 19с.

3. Блог Эксель Практика: [Электронный ресурс]: Поиск решения в Excel. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=Fec7h829sww>. – Загл. с экрана.

Mitin R. V., Samoylov V. L., Malysheva N. N., Nefedov V.E.
(SEI HPE «Donetsk national technical university», Donetsk, DPR)

INFLUENCE OF PARAMETERS OF COMBINEDPILLAR BEHIND THE LONGWALL FACE ON THE STRESSED STATE OF BREEDS AROUND THE ROADWAY

Using the numerical simulation using the Ansys program, the influence of parameters (mining depth, cross-section of roadway in penetration, number of rows of pillar behind the longwall face stands and distance from roadway to the place of their construction, width of pack) on the stressed state of rocks around the roadway is established. With the help of statistical processing of simulation results using the Statistica program, dependencies were obtained, which allow determining the stress state of rocks around the roadway depending on the above parameters. Using Excel, the minimum and maximum difference in the stress state of rocks around the roadway between the model with pillar and the model with a combined pillar behind the longwall face was obtained.

Keywords: roadway, combinedpillar behind the longwall face, stress state, Ansys, Statistica.