

## **АПРОБАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ШАХТНОЙ ВЗРЫВОУСТОЙЧИВОЙ ПЕРЕМЫЧКИ**

*Зав. отделом (НИИГД «Респиратор») Г.И. Педфибай, к.т.н., доц. И.Ф. Марийчук, ст.гр. Шск-15 Д.А. Мозалевский, асс. В.В. Глебо, ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк*

В настоящее время для безопасного ведения работ по изоляции и тушению подземных пожаров, а также при взрывах метановоздушных смесей горноспасатели применяют взрывоустойчивые перемычки, возводимые из строительного или высокопрочного гипсов, с проемными металлическими трубами [1].

Взрывоустойчивые перемычки из гипсов обладают некоторыми существенными недостатками: быстрое схватывание раствора ограничивает дальность транспортирования гидромеханическим способом, что затрудняет эксплуатацию оборудования, а низкая водостойкость материала снижает надежность работы конструкции и исключает возможность ее применения в обводненных выработках.

В то же время целесообразным в качестве материала для них является использование цементного вяжущего с ускорителем твердения, то есть побочных продуктов и отходов местного производства, что позволит снизить стоимость их возведения и способствовать решению вопросов по охране окружающей среды. Кроме этого, ранее не учтено граничное условие перемычки в виде шарнирного опирания по контуру.

На основании многочисленных экспериментальных исследований, проведенных в НИИГД «Респиратор» и в ГУ «Институт физики горных процессов» установлено, что наиболее рациональными материалами для возведения перемычек является цементно-шлаковый и цементно-золенный состав с механическими характеристиками: модули упругости 215 МПа и 145 МПа, коэффициенты Пуассона 0,22 и 0,18, с пределами прочности 3,0 МПа.

В работе [2] приведена математическая модель напряженно-деформированного состояния (НДС) анизотропной (изотропной) взрывоустойчивой гипсовой в перемычки в виде толстой пластины с радиусом кривизны, меняющемся по параболической зависимости или полуокружности, под действием нагрузки от воздушных ударных волн (ВУВ) и сжимающей – разрушенных пород в верхней ее части при жестком защемлении по остальному контуру. Для решения задачи использован прием, заключающийся в представлении полного прогиба в виде суммы двух составляющих – за счет изгиба и сдвига.

Установлено, что максимальными являются нормальные сжимающие напряжения, возникающие в верхней части, в зоне разрушенных пород.

В работе [3] на основании результатов экспериментальных исследований, используя метод эквивалентных материалов, установлено, что влиянием проемных металлических труб на НДС перемычки можно пренебречь, а их прочность обеспечена, поэтому рекомендации по применению их креплений различными элементами к горной выработке, предложенные в работе [2] является не обоснованным.

Цель исследований – определение адекватности разработанной ранее математической модели напряженно-деформированного состояния (НДС) взрывоустойчивой перемычки, возведенной из гипсового материала по сравнению с зарубежными результатами.

Объект исследований – напряженное состояние взрывоустойчивой перемычки, возведенной на основе цементного вяжущего, под воздействием воздушных ударных волн.

В работе [4] приведена разработанная математическая модель НДС перемычки, представленная в виде анизотропной (изотропной) толстой пластины с радиусом кривизны, меняющимся по параболической зависимости или полуокружности, под действием нагрузки от ВУВ, с защемленными или шарнирными краями.

Отличительной особенностью этой модели, от полученной в работе [2], является учет шарнирного крепления перемычки, что принимают абсолютное большинство авторов, а также принятие квадратичного закона распределения поперечных деформаций и касательных сил, что позволило отыскать одну функцию перемещений, вместо двух и существенно упростить решения задачи.

Разработанный алгоритм и составленная программа позволяет выносить на печать распределение напряжений в относительных координатах (0,1) в плоском и двухмерном изображениях.

В качестве условия прочности использована теория, согласно которой максимальные нормальные и касательные напряжения не должны превышать соответствующих предельных их значений с коэффициентом запаса для материала перемычки, выполненной из гипсов или на основе цементного вяжущего.

В работе [5] приведены данные экспериментальных исследований на прочность перемычек в натуральных условиях при действии ВУВ с приведенными их геометрическими размерами и механическими характеристиками. Для сравнения приняты перемычки, результаты для которых получены в США и Польше, распределения напряжений которых приведены на рисунках (1-5).

Отсюда следует, что максимальными напряжениями при двух граничных условиях являются  $\sigma_x$ , возникающие в средней части и по высоте перемычки, причем, с шарнирными краями они более чем в шесть раз превышают их при жестком креплении. В первом случае, как и следовало, они возникают в средней части и превышают предельные их значения для строительного гипса (на растяжение при изгибе 0,3 МПа), во втором – на краях. Даже напряжения на сжатие превышают предельные их значения 2,8 МПа (см. рисунок 3), то есть перемычка разрушится.

В то же время, максимальные нормальные напряжения в перемычке (Польша) с шарнирными краями не превышают предельных их значений (рисунок 5), в результате чего она не разрушена.

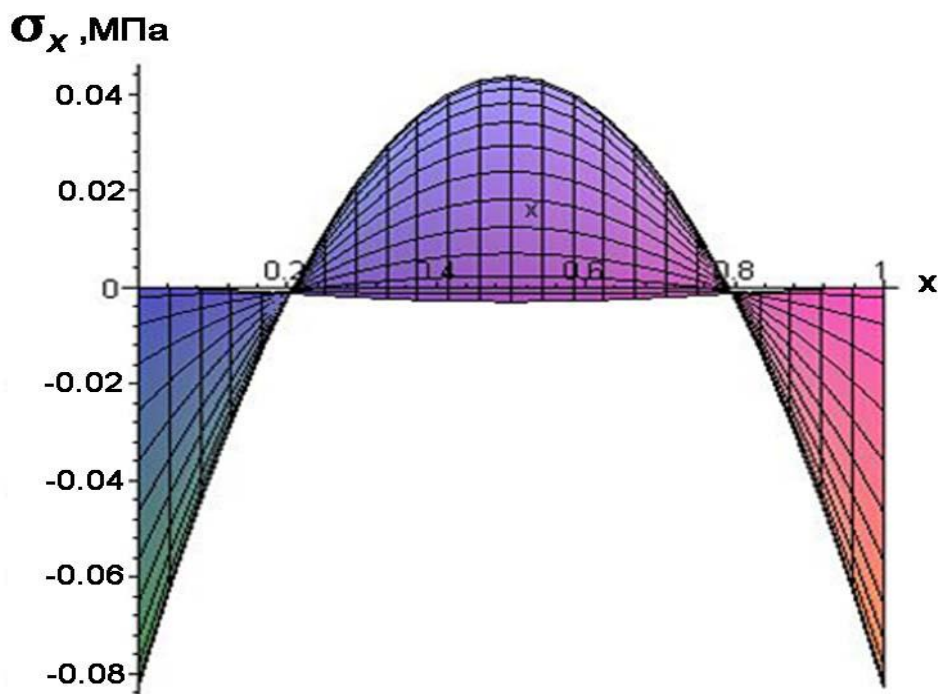


Рис. 1 – Распределение нормальных напряжений  $\sigma_x$  в перемычке из строительного гипса с параболической кривизной, защемленными краями при максимальной высоте  $f = 2,0$ м, ширине  $B = 6,0$ м, толщине  $h = 1,0$ м, модуле упругости  $E = 3 \cdot 10^3$  МПа, коэффициенте Пуассона  $\nu = 0,32$ , нагрузке  $q_z = 0,5$ МПа (США)

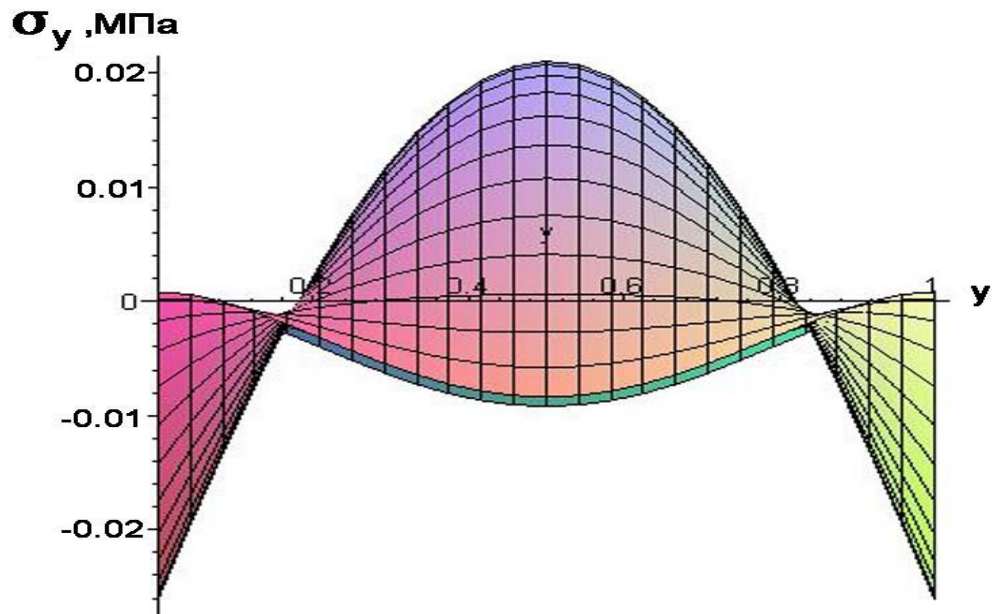


Рис. 2 – Распределение нормальных напряжений  $\sigma_y$  в перемычке из строительного гипса с параболической кривизной, защемленными краями при максимальной высоте  $f = 2,0$  м, ширине  $B = 6,0$  м, толщине  $h = 1,0$  м, модуле упругости  $E = 3 \cdot 10^3$  МПа, коэффициенте Пуассона  $\nu = 0,32$ , нагрузке  $q_z = 0,5$  МПа (США)

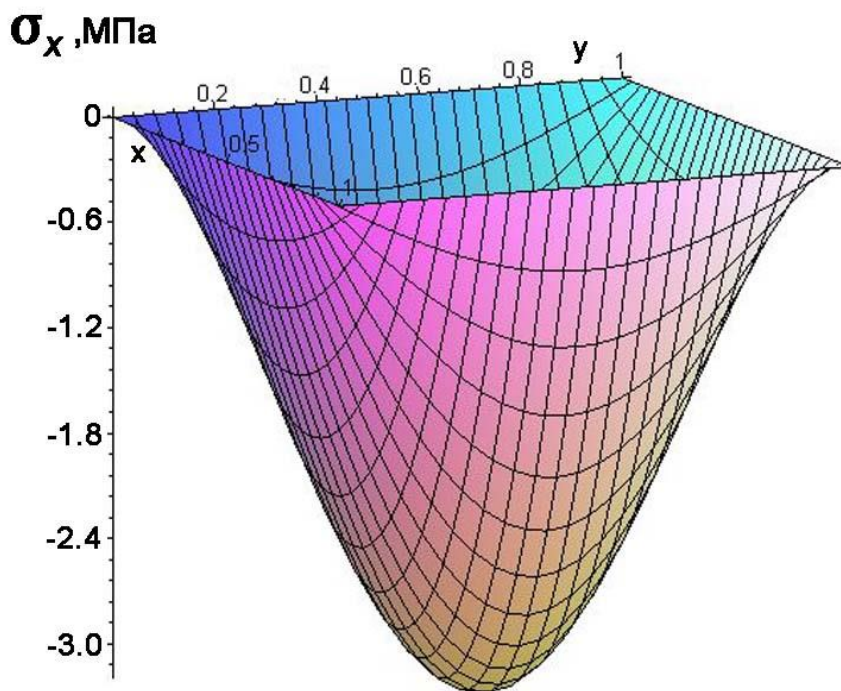


Рис. 3 – Распределение нормальных напряжений  $\sigma_x$  в перемычке из строительного гипса с параболической кривизной, шарнирными краями при максимальной высоте  $f = 2,0$  м, ширине  $B = 6,0$  м, толщине  $h = 1,0$  м, модуле упругости  $E = 3 \cdot 10^3$  МПа, коэффициенте Пуассона  $\nu = 0,32$ , нагрузке  $q_z = 0,5$  МПа (США)

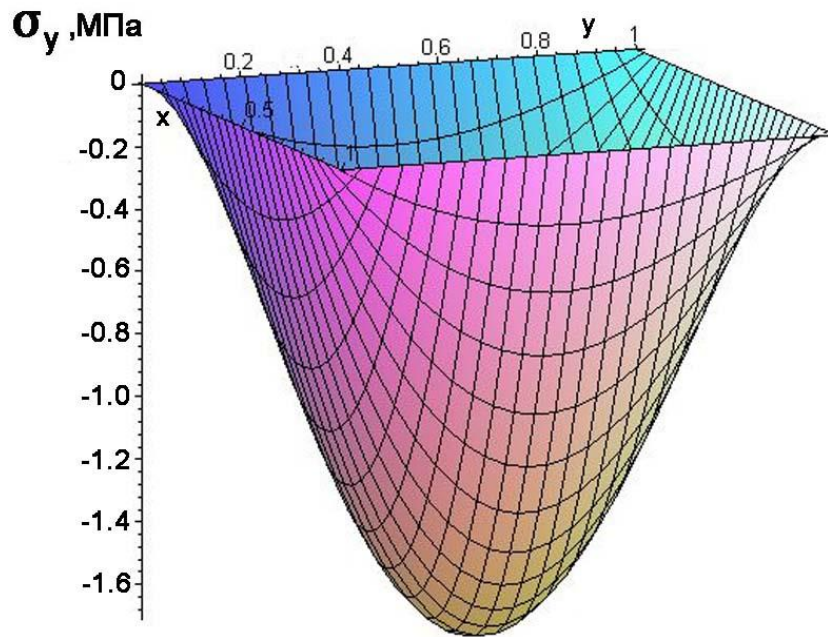


Рис. 4 – Распределение нормальных напряжений  $\sigma_y$  в перемычке из строительного гипса с параболической кривизной, шарнирными краями при максимальной высоте  $f=2,0$  м, ширине  $B = 6,0$  м, толщине  $h = 1,0$  м, модуле упругости  $E = 3 \cdot 10^3$  МПа, коэффициенте Пуассона  $\nu = 0,32$ , нагрузке  $q_z = 0,5$  МПа (США)

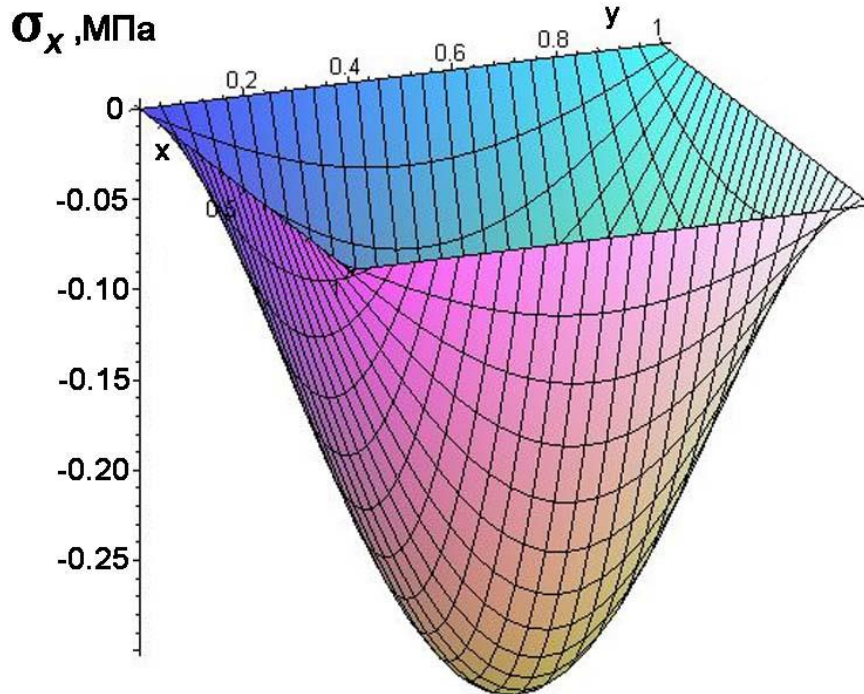


Рис. 5 – Распределение нормальных напряжений  $\sigma_x$  в перемычке из строительного гипса с параболической кривизной, шарнирными краями при максимальной высоте  $f = 5,0$  м, ширине  $B = 6,0$  м, толщине  $h = 3,0$  м, модуле упругости  $E = 3 \cdot 10^3$  МПа, коэффициенте Пуассона  $\nu = 0,32$ , нагрузке  $q_z = 0,5$  МПа (Польша)

### **Выводы:**

1. Проведена апробация разработанной математической модели НДС взрывоустойчивой перемычки с зарубежными результатами под действием ВУВ с защемленными или шарнирно опертыми краями, в которой принят квадратичный закон распределения касательных поперечных сил и деформаций.

2. Установлено, что максимальные напряжения используемых толщин перемычек в натуральных условиях США превышают предельные их значения, поэтому они разрушились, а перемычки Польши, наоборот.

3. Апробированная математическая модель позволяет научно обосновано определить основную ее техническую характеристику – толщину в зависимости от механических характеристик, нагрузок, сечения и глубины расположения выработки, обеспечивающую безопасную работу горноспасателей и снизить затраты при возведении перемычек в результате ликвидации аварий при взрывах в угольных шахтах.

### **Библиографический список**

1. Смоланов С.Н. Изоляционные, вентиляционные и взрывоустойчивые перемычки / С.Н. Смоланов, В.И. Голинько, М.С. Мартиненко. – Днепропетровск: Наука и образование, 2002. – 260 с.

2. Агеев В.Г. Взрывозащита при изоляции пожаров в угольных шахтах/ В.Г. Агеев.– Донецк: Арпи, 2014.– 338 с.

3. Пештибай Г.И. Физическое моделирование воздействия горного давления на взрывоустойчивую перемычку / [ Г.И. Пештибай, И.Ф. Марийчук, И.Н. Шестопалов, В.Е. Нефедов]: сб. науч. тр. Горного института ДонНТУ.–Донецк, 2018, с. 28 – 38.

4. Агеев, В.Г. Математическая модель напряженно-деформированного состояния взрывоустойчивой перемычки под действием ударных волн / В.Г. Агеев, Пештибай Г.И. // Научный вестник НИИГД «Респиратор»: науч.-техн. журн. – Донецк, 2018. –№ 3 (55). – 120 с., с. 7 – 18.

5. DHHS (NIOSH) Publication No. 2007-144, July 2007.