

УДК 622.284.4

*Литвинский Г.Г., д.т.н., Ганшина Е.И. студ. гр. ГС-08-м, ДонГТУ, г. Алчевск, Украина*

## ИССЛЕДОВАНИЕ УСИЛИЙ В ШАРНИРНО-БЛОЧНОЙ КРЕПИ

При строительстве вертикальных стволов и капитальных горных выработок в обычных горно-геологических условиях вопросы крепления на сегодняшний день особых сложностей не вызывают главным направлением научно-конструкторских поисков является разработка и внедрение облегченных конструкций. Что касается строительства стволов в сложных горно-геологических и, особенно, гидрогеологических условиях, где крепи должны обладать не только высокой несущей способностью, но и повышенной (а иногда и абсолютной) водонепроницаемостью, строители вынуждены применять мощные дорогостоящие крепи и зачастую решать вопросы надежности и долговечности конструкций в ущерб технологичности процесса их возведения.

Для крепления вертикальных стволов применяют различные виды крепей: монолитную бетонную и железобетонную крепи, сборные крепи. В сложных горно-геологических условиях наибольшее распространение имеют комбинированные (многослойные) крепи. Облегченные конструкции крепей широкого распространения пока не получили.

Отличительной особенностью сборных сплошных крепей является то, что их элементы (блоки, тубинги, панели) выполняют не только грузонесущие, но и ограждающие функции. Они изготавливаются в заводских условиях (в основном из бетона и железобетона) и в готовом виде доставляются к месту установки. Это отличает сборные сплошные от монолитных сплошных крепей.

Блочная бетонная податливая крепь представляет собой мног шарнирную конструкцию, способную уменьшать свои геометрические размеры под действием активных нагрузок за счет сжатия податливых (например, деревянных) прокладок или смятия забутовки закрепного пространства между блочной крепью и боками выработки, которое, как правило, закладывается породой или другими материалами.

Податливость крепи может осуществляться за счет сжатия прокладок. Частичное смещение породного контура компенсируется за счет смятия забутовочного слоя в закрепном пространстве. Общая податливость крепи – до 300-350 мм, если ширина блоков принята равной 500 мм, а толщина – 300 мм для однопутных и 400 мм для двухпутных выработок.

Несущая способность блочной крепи обычно определяют при неблагоприятном одностороннем действии нагрузки в пределах двух блоков и она составляет для крепи из бетона М300 0,55-0,65 МПа, а из бетона М400 – 0,65-0,75 МПа. В сложных горно-геологических условиях замена металлобетонной крепи блочной бетонной дает экономию на 1 км однопутной

выработки до 7 тыс. грн. и 800 т металла и на 1 км двухпутной выработки до 5 тыс. грн. и 1250 т металла. Однако малоисследованным является вопрос определения оптимального количества шарниров в блочной крепи и их расположения по отношению к направлению действующей нагрузки.

Цель исследования заключается в сравнении работоспособности блочной крепи при одинаковой вертикальной нагрузке с разным количеством шарниров.

Задача работы заключается в определении числа шарниров, при котором крепь будет работать оптимально.

Для решения поставленной задачи использовался программный комплекс ЛИРА. Составляем расчетную схему шарнирной крепи с разным количеством шарниров. Для определения внутренних усилий в элементах крепи (M, N, Q), рассмотрены два случая нагружения: а) равномерно распределенная нагрузка, б) сосредоточенная сила. Рассчитаны крепи с разным числом шарниров от четырех до десяти. Взаимодействие крепи с массивом моделировали путем установки особого упругого конечного элемента КЭ 262 в виде упругой связи, жесткость которой соответствовала жесткости забутовки закрепного пространства в пределах 10-11 т/м.

В результате получаем эпюры M, N, Q, для каждой расчетной схемы крепи, наиболее опасное сечение определяем по максимальному моменту или максимальной продольной силе, результаты сводим в таблицы 1-3.

Таблица 1

Визуализация результатов расчетов шарнирной крепи при распределенной нагрузке  $q=100\text{kN}$

Кол-во шарни-ров	N	Q	M
4 шарнира			
5 шарниров			

Кол-во шарниров	N	Q	M
6 шарниров			
7 шарниров			
8 шарниров			
10 шарниров			

Таблица 2

Визуализация результатов расчетов шарнирной крепи при сосредоточенной силе  $F = 100 \text{ кН}$

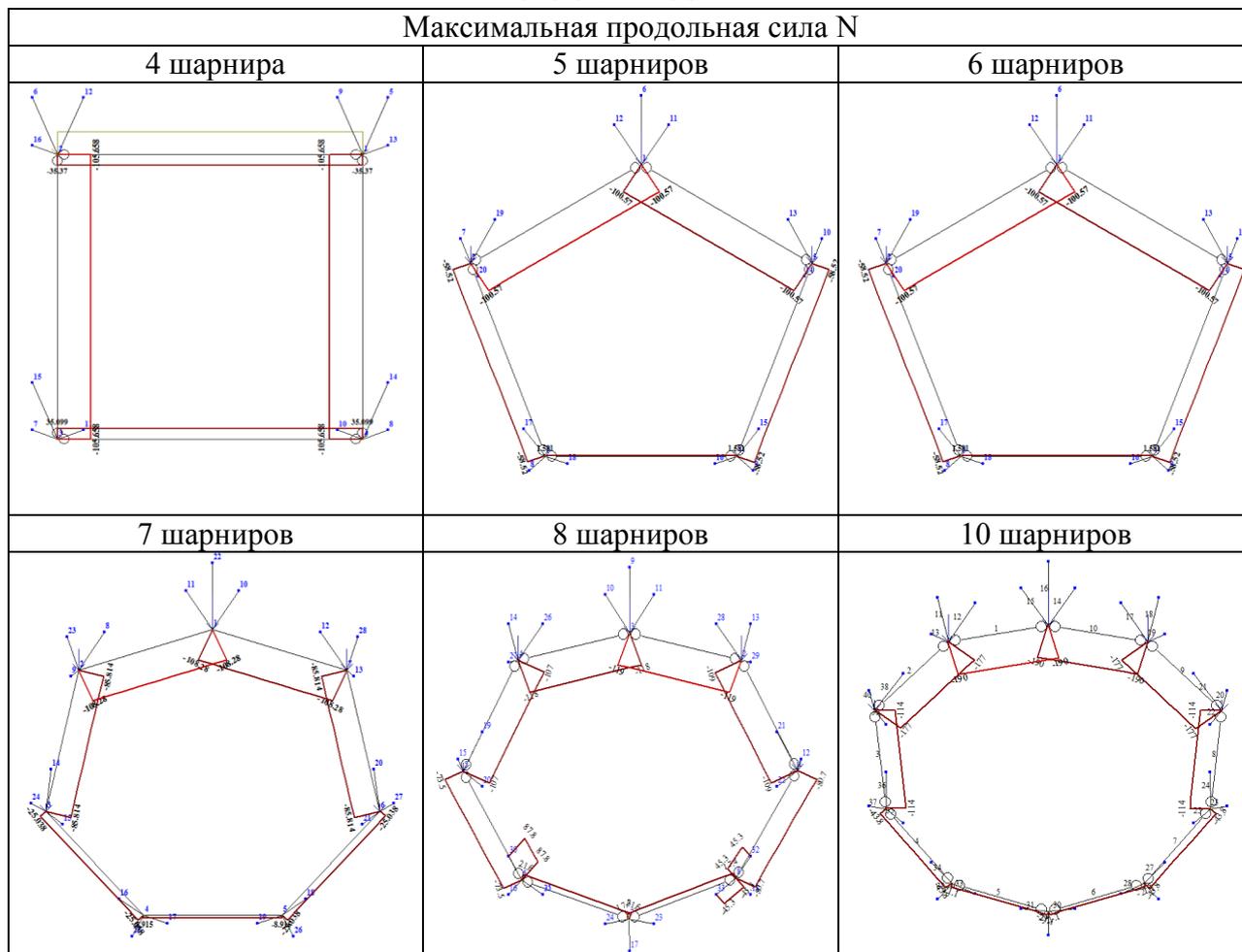


Таблица 3

Сводная таблица результатов расчетов шарнирной крепи

Показатель	Число шарниров					
	4	5	6	7	8	10
Распределенная нагрузка						
$N_{\max}, \text{ Т}$	225	228	201	183	175	165
$M_{\max}, \text{ Т}$	106	126	97,4	68,9	60,9	40,9
Сосредоточенная нагрузка						
$N_{\max}, \text{ Т}$	52,8	101	100,57	108	119	190

Беспрдельно увеличивать число шарниров нельзя, поскольку в этом случае уменьшается устойчивость крепи за счет податливости забутовки. Целесообразно остановиться на 8-ми шарнирной крепи для среднего сечения выработки. Кроме того, увеличение числа блоков приводит к возрастанию трудоемкости возведения крепи. Из эпюр видно, что наиболее загружены

верхние блоки, а блоки с боков и внизу почти полностью разгружены. Следовательно, это позволяет значительно уменьшить толщину нижних блоков, что обеспечит снижение их стоимости в 2-3 раза и одновременно снизит трудоёмкость возведения крепи.

Выводы:

1) При увеличении числа шарниров в блочной крепи при действии равномерно распределенной нагрузки нормальные силы и изгибающие моменты существенно уменьшаются (соответственно в 1,3 и 2,5 раза), за счет чего можно уменьшить толщину блока в 3-4 раза. Крепь с 8 шарнирами оказывается наиболее приемлемой для крепления горных выработок.

2) Внутренние усилия в различных блоках многошарнирной крепи распределены неравномерно, большая часть блоков в боках и обратном своде оказываются почти в незагруженном состоянии, поэтому толщину этих блоков можно уменьшить, что снизит стоимость в 2-3 раза и трудоемкость возведения крепи.