УДК 622.258.3

И.Е.ДОЛГИЙ, *д-р техн. наук*, *профессор*
Д.А.КОТИКОВ, *аспирант, hromokot@list.ru*
Санкт-Петербургский горный институт (*технический университет*)

I.E.DOLGIY, *Dr. in eng. sc., professor*
D.A.KOTIKOV, *post-graduate student, hromokot@list.ru*
Saint Petersburg State Mining Institute (*Technical University*)

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕНИЙ В СИСТЕМЕ «МАССИВ – КРЕПЬ – АРМИРОВКА» ПРИ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

Рассмотрен вопрос динамического воздействия на армировку движущегося сосуда. Приведены зависимости напряжений в системе «массив – крепь – армировка» от различных по направлению и значению нагрузок, полученных с помощью метода конечных элементов.

Ключевые слова: шахтный ствол, армировка.

ESTIMATION OF STRESSES IN SYSTEM «MASSIVE – SUPPORT – SHAFT DRIFT» AT DYNAMIC LOADINGS

In article the question of dynamic influence on shaft drift a moving vessel is considered. Dependences of pressure in system «massive – support – shaft drift» from various in a direction and value of the loadings received by means of a method of final elements are resulted.

Key words: mine shaft, shaft drift.

Особое значение для горно-добывающих предприятий приобретает снижение затрат на строительство и поддержание горных выработок. В этой связи разработка ресурсосберегающих технологий крепления и армирования вертикальных стволов является актуальной научно-технической и практической задачей. Это, прежде всего, связано с тем, что на больших глубинах на элементы армировки стволов кроме эксплуатационных нагрузок со стороны подъемных сосудов воздействует нагрузка со стороны породного массива. По этой причине в элементах армировки могут возникнуть недопустимые напряжения и деформации, вызывающие аварийное состояние ствола и подъемного комплекса. Для устранения этой причины в отечественной и зарубежной практике выполняются исследования по переходу к безрасстрельным (консольным, консольно-распорным и комбинированным) армировкам вертикальных стволов. Такие конструкции армировок, по сравнению с жесткой расстрельной, позволяют снизить металлоемкость и аэродинамическое сопротивление ствола, создать возможность для спуска крупногабаритных грузов и ведения армирования ствола совместно с его проходкой.

Вместе с тем применение безрасстрельных армировок в тех или иных горно-геологических условиях и в зависимости от назначения стволов требует глубокого изучения вопросов напряженно-деформируемого состояния системы «армировка – крепь – массив» при различном сочетании нагрузок на нее.

Для определения напряжений в системе «массив – крепь – армировка» при различном сочетании нагрузок было выполнено компьютерное моделирование с использованием метода конечных элементов.

В модели размеры поля 30×30 м, ствол располагается в центре, высота 5 м. Диаметр

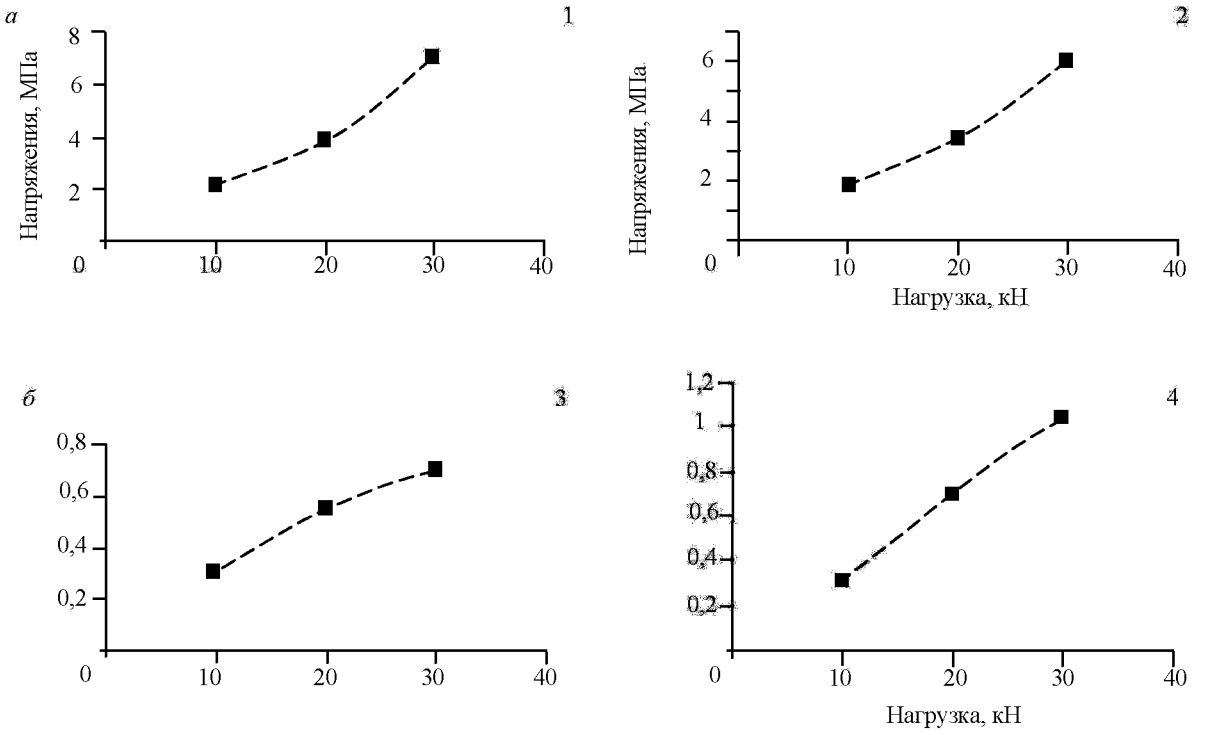


Рис.1. Значения распределения напряжений при лобовой нагрузке: *а* – в консоли двутаврового (1) и коробчатого (2) профиля; *б* – в монолитной бетонной крепи ствола при консоли двутаврового (3) и коробчатого (4) профиля

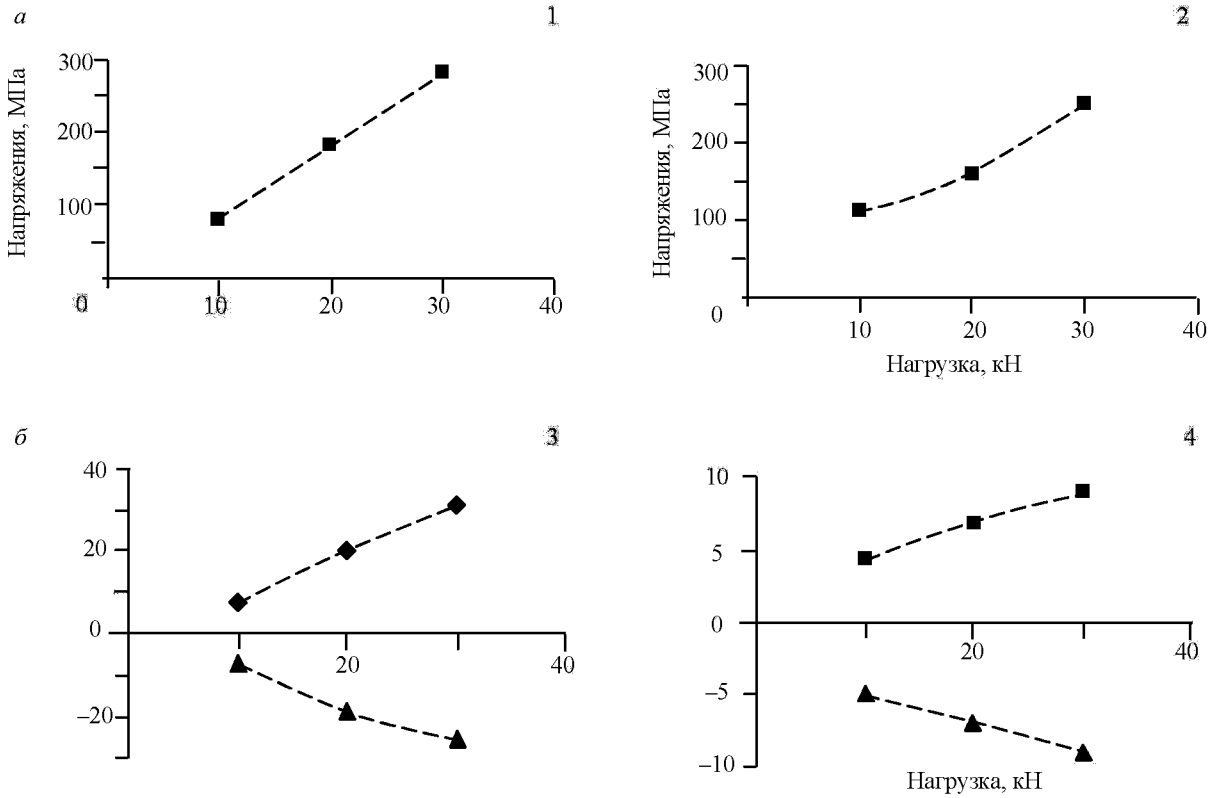


Рис.2. Значения распределения напряженности при боковой нагрузке: *а* – в консоли двутаврового (1) и коробчатого (2) профиля; *б* – в монолитной бетонной крепи ствола при консоли двутаврового (3) и коробчатого (4) профиля

ствола в свету 7,5 м, толщина крепи 300 мм. Размеры элементов около 20 мм, глубина заделки консолей 250 мм.

Выступающая часть консоли 0,2-0,5 м с шагом 0,1 м, порода – известняки (модуль Юнга $E = 2{,}3 \cdot 10^9$ Па), материал крепи – бетон ($E = 2{,}5 \cdot 10^{10}$ Па), консоль – двутавровый профиль № 27 ($E = 2{,}1 \cdot 10^{12}$ Па) и коробчатый профиль из двух швеллеров № 22 ($E = 2{,}1 \cdot 10^{12}$ Па).

Моделируемая нагрузка на консоль (лобовая, обратная лобовой, боковая и вертикальная) от подъемных сосудов массой 10, 20 и 30 т при скорости их движения $\upsilon_{\text{п.с}} = 16$ м/с – соответствует нагрузке с шагом соответственно 10, 20, 30 кН*. Заделка консоли – жесткое закрепление в крепи ствола. Расчет – динамический, учитывающий время воздействия подъемного сосуда на консоль.

Время взаимодействия подъемного сосуда с армировкой

$$t = \frac{h_{\text{арм}}}{\upsilon_{\text{п.с}}} = 0{,}014 \div 0{,}016 \approx 0{,}015 \text{ с},$$

где $h_{\text{арм}}$ – высота профиля армировки (0,27 и 0,22 м соответственно для двутавра и швеллера); $\upsilon_{\text{п.с}} = 16$ м/с.

Проведенные расчеты показали, что максимальные значения напряжений достигаются при $t = 0{,}0001 \div 0{,}001$ с после начала удара, поэтому повторный расчет производился для этого периода времени.

Значения напряжений в консолях длиной 0,5 м для нагрузок 10, 20 и 30 кН в системе «массив – крепь – армировка» приведены на рис. 1 и 2.

Анализ полученных зависимостей позволяет сделать следующие выводы:

– характер распределения напряжений в области заделки консоли зависит от значения и направления нагрузки и деформационных характеристик материала системы;

– при современных скоростях подъема (10-16 м/с) и массах подъемных сосудов (до 40 т) конструкция закрепления консоли в крепь ствола не обеспечивает требуемой надежности;

– зона влияния динамических напряжений не превышает пяти линейных размеров сечения консоли.

Научный руководитель д-р техн. наук, профессор *И.Е.Долгий*

* *Прокопов А.Ю.* Новые решения в проектировании жесткой армировки вертикальных стволов / А.Ю.Прокопов, С.Г.Стандарченко, М.С.Плешко. Новочеркасск: Изд-во НГТУ, 2005. 216 с.

Prokopov A.J., Standarchenko S.G., Pleshko M.S. New solutions in designing rigid shafts drift. Novocherkassk: NGTY. 2005. 216 p.