

державної влади як відомостями про наявність, склад і місцезнаходження актуальної, юридично значущої, однорідної і зіставленої просторової інформації, так і самою інформацією, тим самим створити умови для ефективного та якісного забезпечення рішення стратегічних й оперативних задач безпечного функціонування техногенно небезпечної території, якою, безперечно, є територія гірничовидобувних регіонів. При цьому стануть доступними відкриті інформаційні ресурси міста зацікавленим громадянам та юридичним особам. Тільки в такому випадку можна створити обґрунтовану і реальну модель сталого розвитку й безпечного функціонування гірничовидобувних регіонів.

#### Список літератури

1. **Иванова В.Н.** Технологии муниципального управления: Учебное пособие / **В.Н. Иванова, Ю.Н. Гузов, Т.И. Безденежных.** - М.: Финансы и статистика, 2005. - 396 с.
2. Информационные технологии управления: Учебное пособие / под ред. **Ю.М. Черкасова.** - М.: ИНФРА-М, 2001. - 216 с.
3. Закон України « Про місцеве самоврядування» від 21.05. 1997. № 280/97 (діє в редакції з 07.08.2011 р.).
4. **Атаманов С.А.** Информационный аспект в технологиях управления территориальными комплексами / С.А. Атаманов // Геодезия и аэрофотосъемка. – М.: 2006. – С. 177–180.
5. <http://abc.vvsu.ru/>
6. **Гохман В.** Корпоративные муниципальные ГИС / **В. Гохман** // ArcReview. - М.: ООО «Дата +», 2006. - №38. - С. 2-3.

Рукопис подано до редакції 12.03.12

УДК622.012.2

А.С. САММАЛЬ, д-р техн. наук, проф., О.А. ТОРМЫШЕВА  
ФГБОУ ВПО «Тульский государственный университет»

### ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ КРЕПИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ПРИ ДЕЙСТВИИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ЛОКАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ

Предлагается аналитический метод расчета монолитной замкнутой крепи капитальных горных выработок произвольного поперечного сечения на действие внутренней локальной нагрузки, обусловленной весом проходческого оборудования, действием домкратов, подъемных устройств и механизмов, расpirаемых в крепь. Метод реализован в виде компьютерной программы. Приводится пример расчета.

При проектировании капитальных выработок, особенно сооружаемых в сложных горнотехнических условиях, особую актуальность приобретают вопросы оценки влияния внутренних локальных нагрузок большой интенсивности на несущую способность подземных конструкций. К таким нагрузкам можно отнести, например, вес тяжелой техники, складываемых материалов, а также усилия подъемных и распорных устройств в выработках и пр.

В настоящее время общепринятым является подход к расчету обделок тоннелей, базирующийся на рассмотрении взаимодействия подземной конструкции с окружающим массивом пород (грунта) как элементов единой деформируемой системы и использовании строгих решений соответствующих задач механики сплошной среды. Имеющиеся аналитические методы позволяют производить расчет обделок кругового и некругового поперечного сечения на основные виды статических воздействий, в том числе - нормального давления, локально распределенного по наружному контуру подземной конструкции, моделирующего давление нагнетаемого за обделку связующего раствора при инъекционном укреплении пород. Аналогичных методов, предназначенных для расчета обделок тоннелей на действие внутренних вертикальных локальных нагрузок, до настоящего времени не имелось.

В связи с этим на основе обобщения накопленного в Тульском государственном университете опыта математического моделирования напряженного состояния подземных сооружений при различных видах воздействий [1,2] предлагается новый аналитический метод расчета обделок тоннелей произвольного поперечного сечения на действие внутреннего локального вертикального давления (*Работа выполнена при поддержке грантом МК-164.2009.5*).

В основу разработанного метода положена соответствующая математическая модель, базирующаяся на современных представлениях геомеханики о взаимодействии подземной конструкции и окружающего массива горных пород как элементов единой деформируемой

системы и позволяющая учитывать основные факторы, существенно влияющие на напряженное состояние подземной конструкции, к которым относятся: формы и размеры поперечного сечения подземной конструкции, деформационные характеристики массива пород и материала крепи, интенсивность нагрузки и расположение участка ее приложения.

Для реализации сформулированной математической модели рассматривается плоская задача теории упругости о равновесии кольца в общем случае некруговой формы (с одной осью симметрии), подкрепляющего отверстие в линейно-деформируемой бесконечной среде, при действии на части внутреннего контура равномерно распределенного вертикального давления. Расчетная схема представлена на рис. 1.

Здесь среда  $S_0$ , моделирующая массив пород, механические свойства которой характеризуются усредненными значениями модуля деформации  $E_0$  и коэффициента Пуассона  $\nu_0$ , ослаблена отверстием произвольной формы, подкрепленным кольцом  $S_1$ , моделирующим крепь выработки, выполненным из другого материала с деформационными характеристиками  $E_1$  и  $\nu_1$ . Кольцо  $S_1$  и среда  $S_0$  деформируются совместно, т.е. на линии контакта  $L_0$  выполняются условия непрерывности векторов напряжений и смещений.

Внутренний контур кольца  $L_1$  нагружен локальным равномерно распределенным вертикальным давлением, участок приложения которого определяется углами  $\varphi_1^*$ ,  $\varphi_2^*$ .

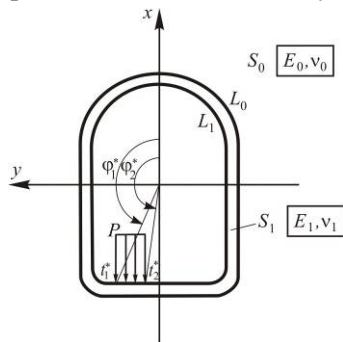


Рис. 1. Расчетная схема

После введения комплексных потенциалов  $\tilde{\varphi}_j(z)$ ,  $\tilde{\psi}_j(z)$ , ( $j = 0, 1$ ), связанных с напряжениями и смещениями в соответствующих областях  $S_j$  ( $j = 0, 1$ ) известными формулами Колосова – Мусхелишвили [3], поставленная задача сводится к краевой задаче теории аналитических функций комплексного переменного, которая решена с использованием аппарата конформных отображений, комплексных рядов.

В основу полученного решения положен прием разложения заданной функции, определяющей действующую на части внутреннего контура нагрузку, в виде ряда Фурье в отображенной области с комплексными коэффициентами.

Решение задачи реализовано в виде полного алгоритма и компьютерной программы, позволяющей производить многовариантные расчеты.

Принятая в математической модели линейная постановка позволяет определять напряженное состояние крепи в случаях, когда действующая нагрузка существенно отличается от равномерной. При этом исходное нагружение в расчетной схеме заменяется с заданной точностью совокупностью равномерных нагрузок и используется принцип суперпозиции решений.

Ниже в качестве примера приводятся результаты расчета монолитной крепи двухпутной выработки сводчатого поперечного сечения (рис. 2), на лотковую часть которой действует локальная распределенная нагрузка интенсивности  $P$ , моделирующая вес подвижного состава, при следующих исходных данных:  $E_0=1000$  МПа,  $\nu_0= 0,3$ ,  $E_1=270000$  МПа,  $\nu_1= 0,2$ . Для удобства все размеры отнесены к величине  $R$  - средний радиус выработки.

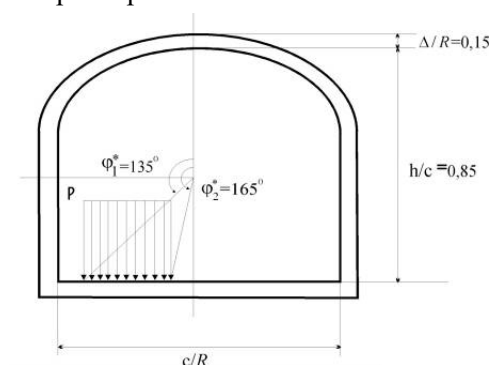


Рис. 2. Форма и размеры поперечного сечения

Расчетные эпюры безразмерных нормальных тангенциальных напряжений  $\sigma_0^{(in)}/P$ ,  $\sigma_0^{(ex)}/P$  соответственно на внутреннем и наружном контурах поперечного сечения каждой из рассмотренной обделки приведены на рис. 3. Для сравнения пунктирными линиями здесь же показаны аналогичные результаты, полученные при  $\varphi_1^* = 135^\circ$ ,  $\varphi_2^* = 225^\circ$ , соответствующие случаю симметричного нагружения лотковой части конструкции.

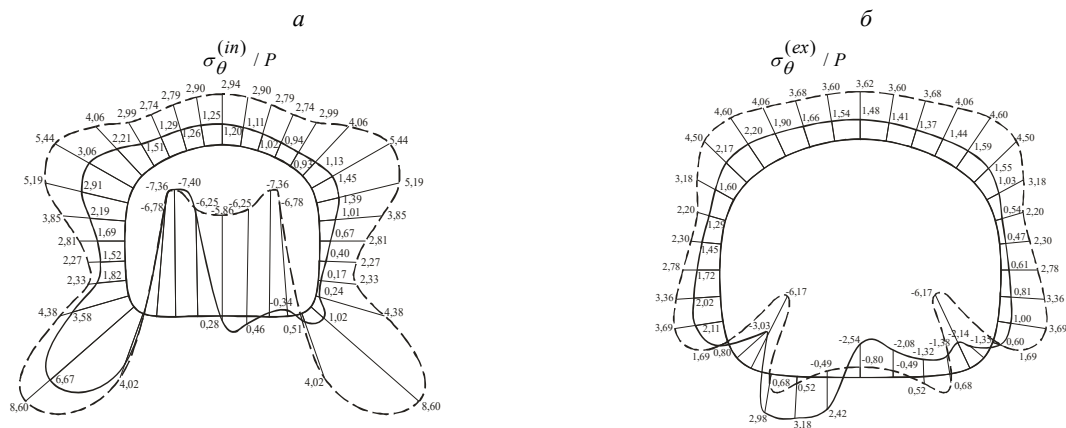


Рис. 3. Расчетные напряжения на контурах обделки: а – внутреннем, б – наружном

Как следует из представленных результатов, давление на лотковую часть крепи приводит к появлению не только существенных сжимающих нормальных тангенциальных напряжений в нижней части внутреннего контура поперечного сечения конструкции, но и к значительным растягивающим напряжениям в своде и углах. При этом в случае несимметричного нагружения растягивающие напряжения возникают также и в лотковой части крепи. Эти обстоятельства следует учитывать при проектировании подземных конструкций, особенно сооружаемых в слабых, трещиноватых и сильно нарушенных породах, обладающих низким модулем деформации.

В заключение отметим, что найденные из решения рассматриваемой задачи напряжения должны суммироваться с напряжениями от других видов действующих нагрузок в самых неблагоприятных сочетаниях, после чего можно переходить к проверке прочности сечений обделки на сжатие и растяжение.

#### Список литературы

1. Булычев Н.С. Механика подземных сооружений в примерах и задачах: Учебное пособие для вузов. – М.: Недра, 1989. – 270 с.
2. Фотиева Н.Н. Расчет крепи подземных сооружений в сейсмически активных районах. – М.: Недра, 1974. – 240 с.
3. Мухелишвили Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. - М.: Наука, 1966. – 708 с. Рукопись поступила в редакцию 12.04.12

УДК 622.271.4.012.3

Е.А. НЕСМАШНЫЙ, д-р техн. наук, проф.,  
А.В. БОЛОТНИКОВ, А.С. НАМИНАТ, аспиранты  
ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

### ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ КАРЬЕРА №4, ВНЕШНИХ И ВРЕМЕННЫХ ОТВАЛОВ АРТЕМОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Определены предельно допустимые параметры откосов бортов и отвалов Артемовского карьера при разработке проекта его отработки до глубины 195 м (отм. -60 м). Выполнено геомеханическое обоснование параметров проектируемого отвала «Западный» и прогноз его влияния на устойчивость западного борта карьера № 4 ПАО «ЦГОК». При расчетах использовалась автоматизированная обработка данных GPS-мониторинга напряженно-деформированного состояния открытых горных выработок в виде пакета прикладных программ «Репер».

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** Железорудные месторождения Кривбасса являются основным объектом использования горно-металлургической отрасли, поскольку продукция горнодобывающих предприятий весьма значима в экономике Украины. В тоже время горнодобывающим предприятиям традиционно свойственны, кроме техногенного воздействия на недра, способы перемещения горной массы в больших объемах с мест природного залегания для дальнейшей переработки и складирования (отвалы, хвостохранилища). Практически все внешние отвалы примыкают к бортам карьеров, образуя единую техно-