

дит только за счет изменения угла откоса рабочего борта карьера на одном участке рабочей зоны ( $A_p = 3; 3,25; 3,5$ ), результаты расчетов по базовой и усовершенствованной методике полностью совпадают. В том случае если рост производительности карьера происходит еще и за счет вовлечения в разработку нескольких участков рабочей зоны результаты расчетов по базовой методике дают ошибку (рис. 2  $A_p = 3,75; 4; 4,25$ ). Данная ошибка составляет от 11 до 24 %.

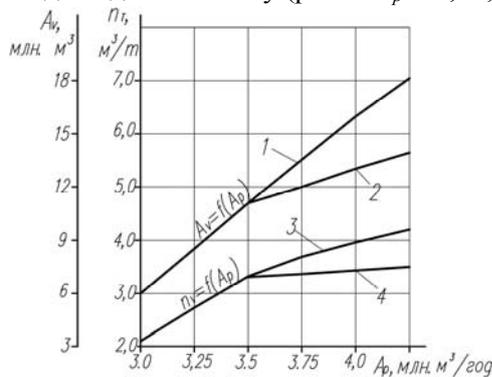


Рис. 2. Изменение текущих коэффициентов вскрыши и объемов вскрышных пород при увеличении производительности карьера по руде: 1, 3 – по существующей методике; 2, 4 – по усовершенствованной методике

**Выводы.** В результате выполненных исследований была усовершенствована методика определения объемов вскрышных работ, обеспечивающих в карьере нормальные условия добычи полезного ископаемого при изменении его производительности. Применение методики возможно, как в случае вовлечения в разработку одного, так и нескольких участков рабочей зоны карьера.

Установлено, что при увеличении производительности карьера по руде, за счет вовлечения в разработку нескольких участков рабочего борта карьера характеризующимися различными коэффициентами вскрыши, скорость горизонтального подвигания, а также ширина рабочей площадки, должны определяться отдельно для каждого участка в зависимости от его производительности.

#### Список литературы

1. Норми технологічного проектування гірничодобувних підприємств із відкритим способом розробки родовищ корисних копалин. – Міністерство промислової політики України, м. Київ, 2007. – 279 с.
2. Ракишев Б.Р. Проектирование карьеров: Учебное пособие / Б.Р. Ракишев – Алматы: КазНТУ, 2013. – 298с.
3. Ковальчук В.А. Исследование взаимосвязи отставания вскрышных работ и производительности карьера / В.А.Ковальчук // Разработка рудных месторождений.- Кривой Рог, 1999.- Вып. 67. – С. 3-7.
4. Арсентьев А.И. Проектирование горных работ при открытой разработке месторождений / А.И.Арсентьев, Г.А.Холодьяков. – М.: Недра, 1994. – 336 с.
5. Новожилов М.Г. Технология открытой разработки месторождений полезных ископаемых. Ч.2 / М.Г.Новожилов, В.С.Хохряков, Г.Д.Пчелкин, В.С.Эскин. – Изд-во Недра, 1971. – 552с.
6. Ржевский В.В. Научные основы проектирования карьеров / В.В.Ржевский, М.Г.Новожилов, Б.П.Юматов. – М.: Недра, 1971. – 600 с.
7. Близнюков В.Г. Один из путей сохранения нормальной ширины рабочей площадки при уменьшении объемов вскрышных работ в карьере / В.Г.Близнюков, С.Ю.Оводенко // Разработка рудных месторождений.- Изд-во: «Техника», 1988.- №45. – С. 11-14.
8. Близнюков В.Г. Планирование режима вскрышных работ с учетом производительности карьера по полезному ископаемому / В.Г.Близнюков, А.В.Савицкий, О.Ю.Близнюкова // Горный журнал, 2013. - №5. – С. 4-8.
9. Трубецкой К.Н. Проектирование карьеров / К.Н.Трубецкой, Г.Л.Краснянский, В.В.Хронин. - М.:Высшая школа, 2009. - 694с.
10. Вилкул Ю.Г. О проблеме отставания вскрышных работ в железорудных карьерах / Ю.Г.Вилкул, С.А.Луценко, О.Ю.Близнюкова // Металлургическая и горнорудная промышленность. – Днепропетровск, 2013. - №3. - С. 92-96.

Рукопись поступила в редакцию 24.03.16

УДК 622.272.4: 622.83

Б.Н. АНДРЕЕВ, д-р техн. наук, проф., С.С. СЕРГЕЕВ, аспирант  
Криворожский национальный университет

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ ПРИ ПРОХОДКЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ГЛУБОКИМИ ЗАХОДКАМИ НА ШАХТАХ КРИВОРОЖСКОГО БАСЕЙНА

Рассмотрены особенности сооружения горных выработок на шахтах Криворожского бассейна. Выявлены и обоснованы основные проблемы низкой производительности проходческого оборудования. Приведены результаты изучения опыта производителей, занимающихся совершенствованием горнопроходческого оборудования, нацеленного на повышение уровня автоматизации и компьютеризации проходческого процесса основных этапов строитель-

ства выработок. Проанализированы характерные особенности геомеханического состояния массива пород за плоскостью забоя горизонтальной горной выработки. Определена оптимальная программа, на основе методов конечных элементов позволяющая рассчитать перемещения, деформации, напряжения, внутренние усилия, возникающие в теле под действием статической нагрузки. Приведены результаты компьютерного моделирования распределения напряжений естественного поля для условий шахт Кривбасса. В ходе исследований доказано, что в процессе выемки породы при проведении выработок происходит перераспределение статических напряжений и в призабойной области массива возникает непосредственно примыкающая к плоскости забоя зона неравнокомпонентного напряженного состояния (зона пластических деформаций растяжения), которая переходит в зону сжатия (естественное напряженное состояние массива). Установлены составляющие элементы зоны неравнокомпонентного напряженного состояния в приконтурном массиве горной выработки. Определена длина зоны пластических деформаций растяжения за плоскостью забоя горизонтальной горной выработки с учетом ее индивидуальных параметров. Проанализированы типы взрывчатых веществ, используемых при строительстве подземных сооружений различного назначения на горнорудных предприятиях Криворожского бассейна, а также принципы компоновки зарядов эмульсионных взрывчатых веществ в шпурах. Предложен способ компоновки заряда с учетом длины зоны напряженно-деформированного состояния за плоскостью забоя, обоснованы основные условия заполнения шпура эмульсионным взрывчатым веществом.

**Ключевые слова:** шахта, горизонтальная горная выработка, проходческое оборудование, напряженно-деформированное состояние массива, буровзрывные работы; эмульсионное взрывчатое вещество, эмульсионная композиция, газогенерирующая добавка.

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** Среди основных направлений расширения минерально-сырьевой базы Криворожского железорудного бассейна большое значение имеет разработка богатых руд на глубоких горизонтах.

Увеличение глубины ведения горных работ сопровождается ухудшением геологических и горнотехнических условий [1]. При этом требует решения задач по обеспечению скорейшего ввода в действие новых горизонтов, повышению эффективности капитальных вложений, снижению стоимости строящихся объектов и рационального использования строительных материалов на основе совершенствования инженерных методов расчета и создания высокоэкономичных проектов, которые отвечают современным требованиям научно-технического прогресса. Эти вопросы приобретают особое значение в процессе строительства протяженных горизонтальных выработок.

В настоящее время одной из первоочередных задач шахт Кривбасса является наращивание темпов строительства горнокапитальных и подготовительных выработок. Их проведение осуществляется с использованием буровзрывных работ (БВР), поскольку при строительстве подземных сооружений различного назначения в скальных породах буровзрывной метод продолжает оставаться наиболее эффективным и экономичным способом разрушения массива.

В последние годы на шахтах Криворожского бассейна в кратчайшие сроки было проведено переоснащение парка горнопроходческого оборудования. Однако с появлением современных импортных комплексов возник вопрос о повышении эффективности их использования за счет приведения в соответствие технических возможностей оборудования с параметрами применяемой технологии проходки.

По различным оценкам, технические возможности современного проходческого оборудования на шахтах Кривбасса используются не более чем на 65 %. Это связано в том числе с глубиной бурения шпуров, которая фактически не превышает 2,5 м, что существенно ниже заявленных производителем оборудования показателей. Высокая эффективность комплексов может быть получена только при увеличении объемов работ за счет перехода на глубокие заходки, соответствующие характеристикам бурильных установок. Однако практика показала, что увеличение глубины заходки без учета особенностей напряженно деформированного состояния породного массива за плоскостью забоя приводит к снижению КИШ, возрастанию удельного расхода ВВ, существенному ухудшению качества оконтуривания выработок [2].

**Анализ исследований и публикаций.** На шахтах и рудниках многих стран мира применяются современные горнопроходческие комплексы ведущих производителей. Основным направлением совершенствования современного горного оборудования, в частности разработок шведской компании «Atlas Copco» и финской «Sandvik Tamrock», является применение на буровых установках и погрузочных машинах компьютеров со специальным программным обеспечением, которое имеет широкие возможности [3,4]. Высокий уровень автоматизации, компьютеризации и программирования требует внедрения новых подходов к разработке технологических решений проходки горных выработок, обеспечивающих максимальное использование возможностей современной проходческой техники [4,5]. В ряде стран, где ведется интенсивная подземная добыча полезных ископаемых, проводятся работы по развитию технологий строи-

тельства подземных сооружений, прорабатываются новые методы и методологии подготовки месторождений к разработке полезных ископаемых подземным способом с использованием новейшего проходческого оборудования [6].

**Постановка задачи.** Анализ показал, что в настоящее время весьма важной является задача обоснования параметров технологии проходки, которая заключалась в усовершенствовании технологии БВР при сооружении горизонтальных выработок глубокими заходками путем заряжания комплекта шпуров эмульсионными взрывчатыми веществами (ЭВВ) с изменяемыми на основании учёта напряженно-деформированного состояния массива за плоскостью забоя энергетическими характеристиками.

**Изложение материала и результаты.** Принимая во внимание практически полное отсутствие в Криворожском бассейне тектонических напряжений [7], для участка приконтурного массива горизонтальной выработки, а именно горизонта 1340 м с сечением  $S=18,5 \text{ м}^2$ , шахты «Октябрьская», ПАО «Криворожжелезрудком» (ПАО «КЖРК»), было проведено компьютерное моделирование представленное на рис. 1.

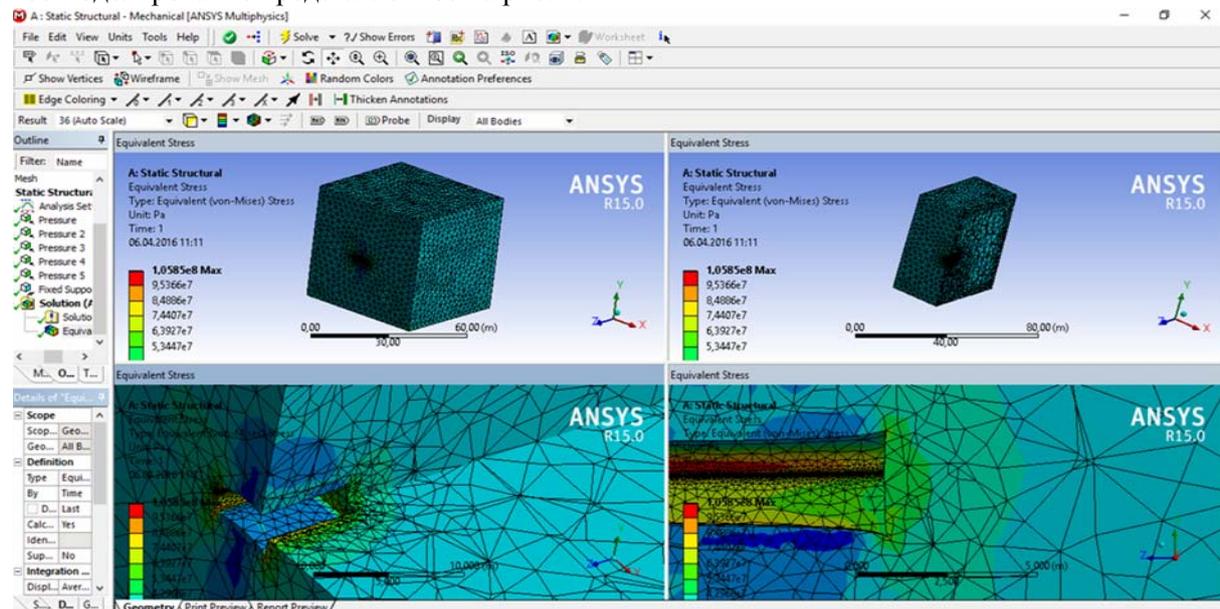


Рис. 1. Компьютерное моделирование зоны неравнокомпонентного напряженного состояния

В ходе исследований рассматривался и анализировался ряд программ на основе методов конечных элементов (МКЭ), включающих в себя статический структурный анализ (Static Structural), позволяющий рассчитать перемещения, деформации, напряжения, внутренние усилия, возникающие в теле под действием статической нагрузки [8]. Это было необходимо для определения параметров зоны пластических деформаций растяжения и построения модели по всем критериям и нормам. В результате было решено использовать программный комплекс Ansys Workbench в котором учитываются трехмерные напряжения и нагрузки, образующиеся в нескольких направлениях [8].

Анализируя полученные данные исследований доказано, что в процессе выемки породы при проведении выработок происходит перераспределение статических напряжений и в призабойной области массива возникает непосредственно примыкающая к плоскости забоя зона неравнокомпонентного напряженного состояния (зона пластических деформаций растяжения), которая переходит в зону сжатия (естественное напряжённое состояние массива).

Также определено, что зона неравнокомпонентного напряженного состояния имеет три типа напряжений: 1 - начальное напряжение, находящееся возле груди забоя, 2 - максимальное напряжение находящиеся на расстоянии равном половине условного радиуса выработки и 3 - конечное напряжение, соответствующее крайней точке рассматриваемой зоны на расстоянии от плоскости забоя выработки. Далее начинается зона сжимающих напряжений, интенсивность которых по мере удаления от выработки стремится к уровню естественного напряженного состояния массива.

Исходя из полученных и проанализированных данных, можно утверждать, что при проходке выработки с площадью поперечного сечения  $18,5 \text{ м}^2$ , расположенной на глубине 1430 м, протяженность зоны неравнокомпонентного напряженного состояния составляет 3,5 м. Таким образом, бурение комплекта шпуров на полную длину зоны распределения напряжений будет рациональной, поскольку основная часть зарядов ВВ будет находиться в зоне деформаций растяжения, где условия разрушения весьма благоприятны и эффективность взрывающейся заходки увеличится за счет статических напряжений, находящихся вблизи забоя.

Опираясь на достижения и опыт ученых, ранее исследуемых напряженно-деформированное состояние за плоскостью забоя, получаем, что в области сжатия условия разрушения массива ухудшаются и требуют дополнительного количества ВВ для его качественного разрушения. В области деформаций растяжения, напротив условия разрушения горного массива более благоприятны, здесь представляется возможность снизить затраты ВВ [9-11]. Однако основной трудностью при такой компоновке остается лишь то, что при использовании шпуров с глубиной свыше 1,8 м увеличивается вероятность прострелов и получения негабаритных кусков породы.

На горнорудных предприятиях Криворожского бассейна на протяжении последних лет при проведении подземных сооружений использовались тротилосодержащие взрывчатые вещества (ВВ) а именно: аммонит №6ЖВ и граммонит 79/21, а также детонит, содержащий нитроэфир [12]. Перечисленные ВВ хоть и доказали свою эффективность при проходке выработок, с поставленной задачей не справятся в связи с большой глубиной комплекта шпуров и сложной компоновкой конструкции заряда.

Учитывая сказанное, в исследованиях, проводимых для условий ПАО «КЖРК» было предложено использовать эмульсионные взрывчатые вещества (ЭВВ), а именно «Украинит-ПП-2». ЭВВ представляет собой жидкую двухкомпонентную смесь эмульсионной композиции (ЭК) и газогенерирующей добавки (ГГД) [12]. ГГД являются важнейшим компонентом ЭВВ, поскольку от их эффективности и насыщенности в составе зависит стабильность и продуктивность состава эмульсии. Стандартная компоновка заряда шпура до 2,5 м выглядит так: 99,0 % ЭК+1,0 % ГГД в результате получаем высокую степень дробления горной массы с полным отсутствием негабаритов и не проработки подошвы (КИШ до 0,95).

В нашем случае компоновку заряда в шпуре предлагается выполнять с учетом геомеханического состояния за плоскостью забоя, т.е. в горизонтальном заряде плотность эмульсионного взрывчатого вещества с газогенерирующей добавкой по длине заряда разная. Потому что с плотностью эмульсионного ВВ в шпуре связана объемная концентрация энергии и теплоты взрыва ВВ. Во избежание отказов при зарядании зарядов необходимо учитывать рациональную (критическую,  $\rho=1410 \text{ кг/м}^3$ ) плотность и допустимую концентрацию пероксида водорода  $\text{H}_2\text{O}_2$  из которого состоит ГГД.

В ходе исследования предлагается использовать конструкцию зарядов с обратным инициированием (патрон-боевик (Аммонит 6ЖВ и УНС-Ш) расположен первым от устья шпура), компоновка первой части заряда равна 98,8% ЭК + 1,2% ГГД, вторая часть компоуется по стандартному принципу, третья часть находится без заряда ЭВВ, рис.2.

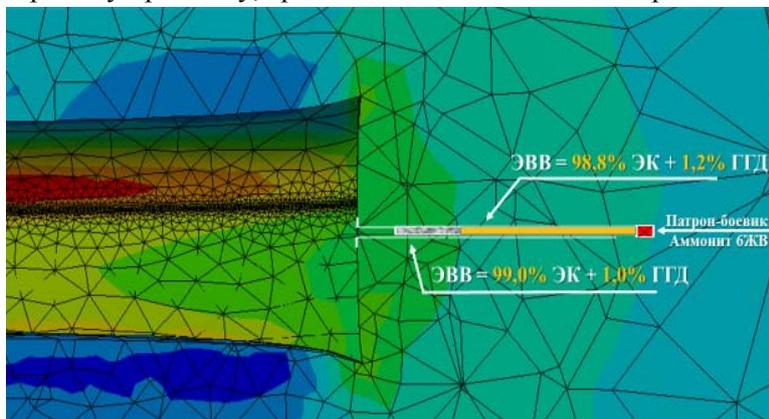


Рис. 2. Компоновка заряда ЭВВ в шпуре

Разделение заполнения конструкции заряда связана с вариацией напряжений в зоне неравнокомпонентного напряженного состояния, т.е. от крайней точки зоны (3 тип напряжений) до точки максимальных напряжений (2 тип) длина зоны составляет 1,6 м, используем более концентрированный состав ЭВВ в связи с тем, что показатели

напряжения растяжения минимальны. Вторая часть шпура 0,8 м заполняем стандартной компо-

новкой заряда из-за того, что она находится в зоне средних деформаций растяжения. Последняя третья часть не заряжается потому что:

Во-первых, находится в условиях разрушения породного массива, которые благоприятны и эффективность взрывающей заходки увеличивается за счет максимальных статических напряжений, находящихся в близи забоя.

Во-вторых, в связи с указаниями к использованию и техники безопасности ЭВВ, которые гласят, что заряд в шпуре должен быть незаполнен на 35 % во избежание переборов в ходе химической реакции.

**Выводы и направление дальнейших исследований.** Подводя итоги исследования и анализа полученных данных было определено, что в условиях строительства глубоких горизонтов шахт Криворожского бассейна в призабойной части массива возникают зоны неравнокомпонентного напряженного состояния которые в компоновке с ЭВВ могут дать положительный эффект при проведении забоя глубокими заходками (КИШ=0,92-0,95).

#### Список литературы

1. Борисов А. А. Механика горных пород и массивов. М., Недра, 1980. – 360 с
2. Горная энциклопедия / Гл. ред. Е.А. Козловский; Ред.кол.: М.И. Агошков, Н.К. Байбаков, А.С. Болдырев и др. - М.: Сов. Энциклопедия. Т.3. Кенчан - ОРТ. 1987, 592с.
3. Ульф Линдер. Горное дело и строительство – Особые инновации: RCS, Atlas Copco Rock Drills AB, SE-701 91 Örebro, Sweden. – 2011 - №1, - С. 20-22.
4. М.Н. Кононенко Современная техника на рудниках мира, [http://www.rudana.in.ua/showanalit\\_9.htm](http://www.rudana.in.ua/showanalit_9.htm).
5. Гірничорудна справа України в мережі Інтернет [Текст]: довідник / О.Є. Хоменко, Г.М. Кононенко, О.Б. Владико, Д.В. Мальцев – Д.: Національний гірничий університет, 2011. – 288 с.
6. Картозия Б.А., Федунец Б.И., Шуплик М.Н. и др. Шахтное и подземное строительство: Учеб для вузов – 3-е изд., - М: Издательство Московского государственного горного университета, 2003.-Т.1.-723с., Т.2.-815с.
7. Малахов Г.М. Управление горным давлением при разработке рудных месторождений Криворожского бассейна. — К.: Наук. думка, 1990. - 200 с.
8. Моделирование контактной задачи с помощью программы ANSYS: учеб.-метод. пособие. / А.Н. Лукьянова. – Самара; Самар. гос. техн. ун-т, 2010. - 52 с.: ил. 49.
9. Савостьянов А.В., Клочков В.Г. Управление состоянием массива горных пород. – К.: УМК ВО, 1992. – 276 с.
10. Баклашов И.В., Картозия Б.А. Механика горных пород. – М.: Недра, 1975. - 271 с.
11. Управление состоянием массива горных пород : учеб. пособие / Н.К. Клишин, К.З. Склепович, С.И. Касьян, О.Л. Кизияров ; мин-во образования и науки Украины. ДонГТУ. Алчевск : ДонГТУ, 2011. 289 с. : ил. ISBN 978-966-310-251-1.
12. Зубко С. А. Внедрение смесительно-зарядной и доставочной техники для эмульсионного взрывчатого вещества "Украинит" на горнодобывающих предприятиях Украины / С. А. Зубко, В. В. Русских, А. В. Яворский, Е. А. Яворская // Геотехнічна механіка. - 2013. - Вип. 111. - С. 37-48.

Рукопись поступила в редакцию 17.03.16

УДК 771.4 (477.63)

Є.Г. ХЛИПОВКА, ст. викладач, А.Ю. ПАЛАМАР, асистент  
Криворізький національний університет

### ПРОБЛЕМАТИКА МІСЬКОГО КАДАСТРУ ТЕРИТОРІЙ НА ПРИКЛАДІ КРИВОРІЗЬКОГО РЕГІОНУ

На сучасному етапі розвитку містобудівної діяльності для вдосконалення державної політики у сфері містобудування в Україні виникла необхідність створення містобудівного кадастру, який повинен давати відповіді на питання щодо розміщення об'єкта будівництва у планувальній системі адміністративної одиниці, визначати гранично допустимі умови і обмеження для кожної окремої земельної ділянки з урахуванням державних будівельних норм, стандартів і правил. Для того, щоб містобудівний кадастр запрацював на повну силу мало розробити структуру та ідеологію його функціонування, необхідно ще й наповнити його якісною містобудівною, землевпорядною та іншою необхідною інформацією. Дослідження, які спрямовані на розробку технології отримання такої інформації, можна вважати актуальними та своєчасними. Державний земельний кадастр населених пунктів має свої особливості і в сучасних умовах економічного розвитку потребує формування комплексної та інтегрованої системи правових, техніко-економічних і екологічних даних про земельні ділянки та об'єкти нерухомого майна, розміщені на їх території. Розглянуті аспекти функціональної складової містобудівного кадастру, містобудівної та землевпорядної документації. Встановлено, що сучасний стан ведення державного земельного кадастру населених пунктів в Україні потребує удосконалення його економічної та екологічної складових щодо гарантування прав власності на землю і нерухоме май-