

## К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛИТЕЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КАПИТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ОП «ШАХТА «РОССИЯ» ГП «СЕЛИДОВУГОЛЬ»

*А.В. Скобенко, Национальный горный университет, Украина*

*Д.И. Кобзарь, ГП «Селидовуголь», Украина*

*А.В. Халимендик, А.В. Халимендик, Национальный горный университет, Украина*

Приведены результаты натурных и аналитических исследований состояния вмещающего угленосного массива с комплексом капитальных выработок для условий южного крыла ОП «Шахта «Россия» ГП «Селидовуголь».

Решение проблем связанных с обеспечением устойчивости капитальных выработок требует комплексного подхода [1, 2], который помимо прочего должен включать предварительный анализ основных влияющих факторов в зависимости от конкретных горно-геологических условий, а также накопление и обработку соответствующей статистической информации, чего невозможно достичь без применения непрерывной системы геомониторинга [3]. Результатом такого подхода является последующая разработка эффективных охранных систем, включающих обоснование рациональных параметров и мероприятий по созданию оптимальных условий работы системы «горная выработка-крепь-породный массив».

В данной работе приведены результаты анализа горно-геологических и горнотехнических условий эксплуатации горных выработок шахты «Россия», которая является одной из наиболее характерных и показательных в плане технологии и организации выполнения горных работ для данного угледобывающего региона. Кроме того в работе представлены результаты предварительного моделирования геомеханических процессов, протекающих в окрестности комплекса протяженных горных выработок южного крыла рассматриваемой шахты.

Поле шахты «Россия» (рис. 1) расположено в юго-восточной части Красноармейского района Донецкой области Украины. В промышленном отношении шахта подчинена ГП «Селидовуголь» и относится к Красноармейскому горнопромышленному району Донбасса.



Рис. 1. ОП «Шахта «Россия» ГП «Селидовуголь»

В настоящее время шахтой разрабатываются сближенные пласты  $l_2'$  и  $l_1$ .

Вскрытие шахтного поля осуществлено двумя вертикальными стволами (клетевым и скиповым) пройденными до гор. 210 м, у верхней границы – на гор. 210 м. Все пласты вскрыты горизонтальными квершлагами. Вторые ступени северной и южной панелей пластов  $l_1$  и  $l_2'$  вскрываются соответственно на гор. 420 м (отметка -213 м) и 360 м (отметка -156 м) северными и южными грузовыми, людскими конвейерными квершлагами с гор. 210 м. Для целей

вентиляции и обеспечения обрабатываемых панелей запасными выходами пройдены шурфы №1 и №7 (оборудованы вентиляторными установками и аварийными подъемами).

Породы кровли почти всех пластов, представленные преимущественно аргиллитами и алевролитами, являются неустойчивыми, что при наличии тонких угольных прослоев в непосредственной кровле иногда приводит к необходимости оставления верхней пачки угля.

Почвой пластов служат аргиллиты и алевролиты, местами вспучивающиеся.

В угольных пластах наблюдаются две системы кливажа: основная почти меридионального простирания, вторая – перпендикулярна к основной и менее выражена.

На устойчивость горного массива в значительной степени влияет тектоническое строение поля шахты. Наличие крупных тектонических нарушений обуславливает интенсивное развитие мелких нарушений и трещиноватость горных пород. Мелкие тектонические нарушения представлены преимущественно сбросами и надвигами с амплитудой смещения от 0,2 до 4,0 м. Зачастую мелкие тектонические нарушения образуют зоны смятия пород шириной 30-100 м. Очистные работы в таких зонах не ведутся, а прохождение подготовительных выработок связано с большими трудностями, так как в них происходят вывалы высотой до 8,0 и более метров, что значительно усложняет работу и снижает темпы проведения.

Пласты  $l_2'$  и  $l_1$  южной части шахтного поля относятся к категории сближенных надрабатываемых. Ширина междупластья составляет 28-30 м.

Отработка запасов ведется по одновременной схеме с опережением пласта  $l_2$  по падению и простиранию на одно поле лавы.

С увеличением глубины, выработки испытывают существенное влияние горного давления. Это влияние проявляется в уменьшении сечения выработок за счет вертикального давления, изменения формы арочной крепи при боковом давлении, разрывах деревянных и ж/б затяжек, уменьшении податливости крепи, срабатывании и отдельных разрывах замковой части крепи, пучении почвы, местами до 1,0 м, деформировании рельсовых путей (рис. 2).



Рис. 2. Пример негативного проявления горного давления в протяженных выработках южного крыла шахты «Россия»

Вскрытие пласта  $l_1$  в северной части шахтного поля не производилось, поэтому пласты  $l_2'$  и  $l_1$  северной панели относятся к категории сближенных неподрабатываемых (ширина междупластья 30-32 м).

С глубины 500 м в почве выработок преимущественно залегает крепкий песчаник, что обуславливает отсутствие интенсивного пучения пород почвы по основной трассе исследуемых выработок.

До глубины 450 м в почве выработок преимущественно залегает аргиллит и алевролит, крепостью 2-4, которые склонны к пучению и поддутию при размокании (рис. 3).



Рис. 3. Пример негативного проявления горного давления в почве выработок

В целом, горно-геологические и горнотехнические условия отработки угольных пластов можно охарактеризовать как сложные, что обусловлено повсеместным наличием слабоустойчивых вмещающих пород, склонных к резкой потере несущей способности при размокании, наличием зон влияния тектонических нарушений, зон распространения ложной кровли, размывов пластов и т.д. В гидрогеологическом отношении условия отработки пластов также сложные. Шахтное поле относится ко II группе сложности.

В качестве примера, на рис. 4 приведены данные по основным видам ремонтно-восстановительных работ, а именно перекреплению и подрывке пород почвы основных выработок южного крыла шахты. Общая протяженность участков выработок не соответствующих минимальным требованиям ПБ, приведена на рис. 5.



Рис. 4. Проведения ремонтных работ в выработках южного крыла ш. «Россия»

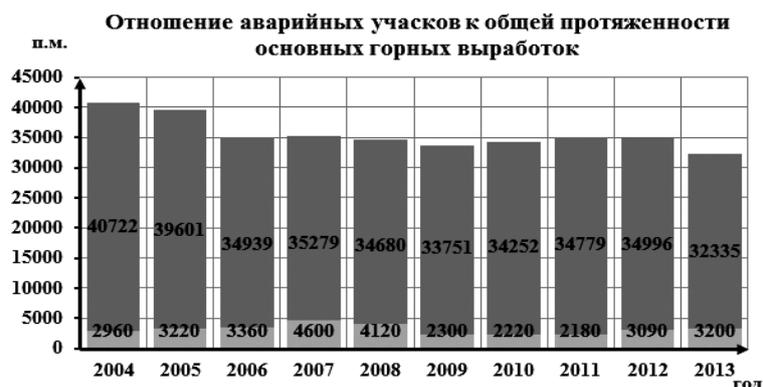


Рис. 5. Общая протяженность участков основных выработок не соответствующих ПБ

Непосредственное моделирование геомеханических процессов, протекающих в окрестности исследуемых выработок, выполнялось с использованием программного комплекса “Phase-2” (Rocscience). Данная программа базируется на использовании метода конечных элементов (МКЭ), а сама программа позволяет учитывать в расчете упругопластические свойства вмещающих пород, что, помимо прочего, позволяет моделировать поэтапное раскрытие выработок в неупругой среде, учитывая на каждой последующей стадии в качестве начальных те деформации, которые реализованы на предыдущей стадии формирования напряженно-деформированного состояния (НДС).

Физико-механические свойства моделируемых пород и угля, а также характер фактического напластования соответствует реальным условиям исследуемого участка шахтного поля.

В общем, в ходе численного моделирования были оценены:

- НДС массива, ослабленного системой капитальных выработок II-й степени по пластам  $l_2'$  и  $l_1$ , без учета систем крепи для оценки соответствия моделируемой системе существующим представлениям о развитии геомеханических процессов;
- НДС этой же системы, но с учетом крепи, используемой в моделируемых выработках в настоящее время, с целью калибровки разработанных моделей в соответствии с реальной ситуацией, имеющей место в окрестности моделируемой системы выработок;
- НДС отдельных выработок моделируемой группы с целью отработки параметров мероприятий, связанных со стабилизацией состояния моделируемых выработок и недопущения их перехода в неэксплуатационное состояние.

Все указанные задачи моделирования решались с использованием единой расчетной схемы (рис. 6), что позволило достичь преемственности и сравнимости результатов расчетов. При этом расчетная схема представляет собой участок углепородной толщи размером 270 м на 270 м, вырезанный из бесконечного массива в районе расположения капитальных наклонных выработок второй степени по пластам  $l_2'$  и  $l_1$ . Вырез выполнен перпендикулярно почве выработок. Структура модели соответствует стратиграфической ситуации в ближайшей окрестности выработок с усредненными (наиболее характерными) показателями вмещающей толщи. Размеры вырезанной области приняты с учетом обеспечения исключения влияния краевых эффектов модели на ее центральную (исследуемую) часть.

На рис. 7 представлено детальное отображение участка расчетной схемы в окрестности одной из выработок. Видно, что приконтурная область имеет более густую сетку конечных элементов, что позволяет более точно анализировать НДС модели вблизи исследуемых выработок.

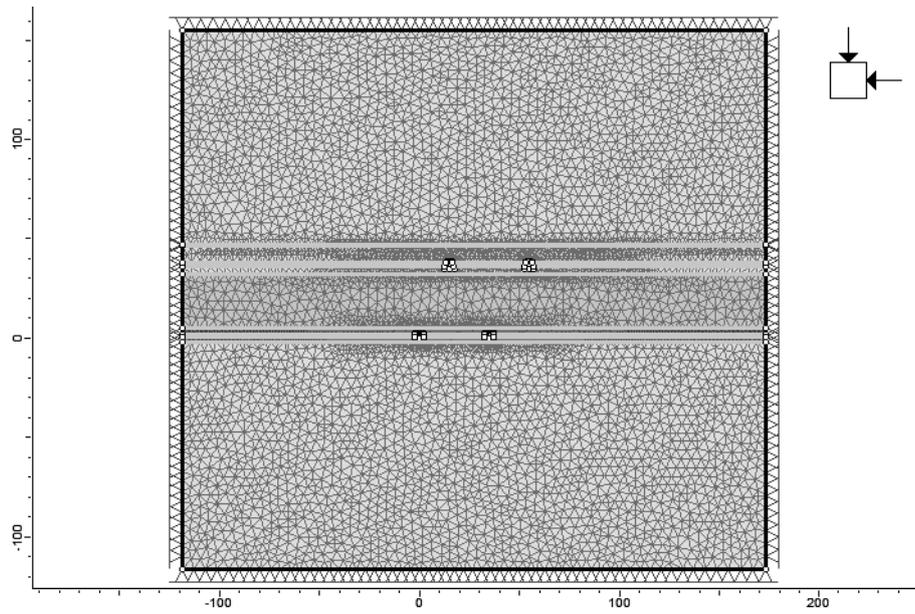


Рис. 6. Численная реализация универсальной расчетной схемы, принятой для решения задач

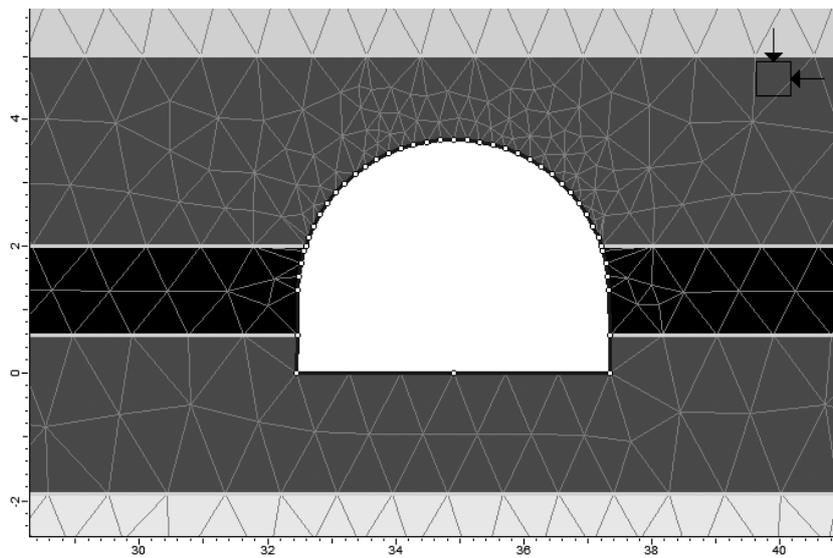


Рис. 7. Конечно-элементная модель в окрестности выработки

В качестве примера на рис. 8 приведены результаты моделирования одного из этапов исследований. На рис. 8 также представлены области, отнесенные к зоне разрушенных пород (они отмечены значками «х» и «о» в зависимости от вида разрушения).

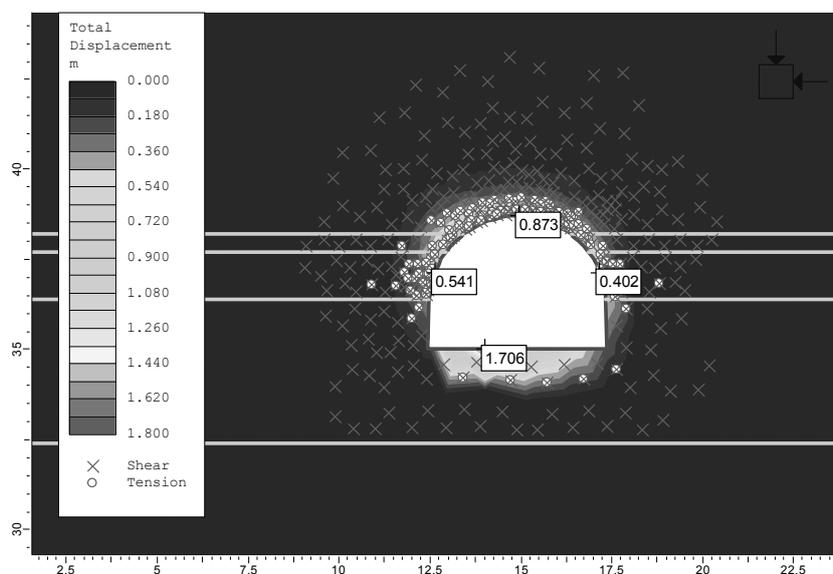


Рис. 8. Смещения контура и область разрушения в области южного уклона II-й ступени пласта  $l_2$  с применяемой на данный момент крепью

Анализ результатов моделирования показывает, что при отсутствии крепи в выработке смещения достигают весьма значительных величин, которые практически «погашают» выработку – 0,61 м со стороны левого бока и более 2,0 м со стороны почвы. При этом смещения со стороны правого борта больше, чем со стороны левого, что было достигнуто введением управляющего коэффициента по нагрузке в ходе калибровки модели с учетом результатов предварительного натурного обследования и выявления форм проявлений горного давления.

После установки крепи смещения снизились в 1,13 раза со стороны левого борта и в 1,18 раза со стороны почвы. Со стороны кровли снижение составило существенные 1,63 раза, тогда как со стороны правого борта выработки смещения несколько увеличились – с 0,37 м до 0,4 м, т.е. менее, чем на 10%.

Качественно такая же картина наблюдается и при сравнении ситуаций «без крепи» и «с крепью» для выработки по пласту  $l_1$  – южного уклона II-й ступени.

Также в качестве примеров на рис. 9-10 показаны области неупругих деформаций, окружающих выработку с крепью. Размеры этих областей, согласно существующим представлениям, формируют нагрузку на крепь, в пределах этих зон образуются первичные вывалы и массы пород, которые затем давят на крепь и приводят к ее разрушению. Помимо прочего, анализ размеров этих зон дает возможность обоснования применения анкерных систем с предварительным прогнозом (в первом приближении) эффективности их работы в зависимости от технологических и конструктивных особенностей.

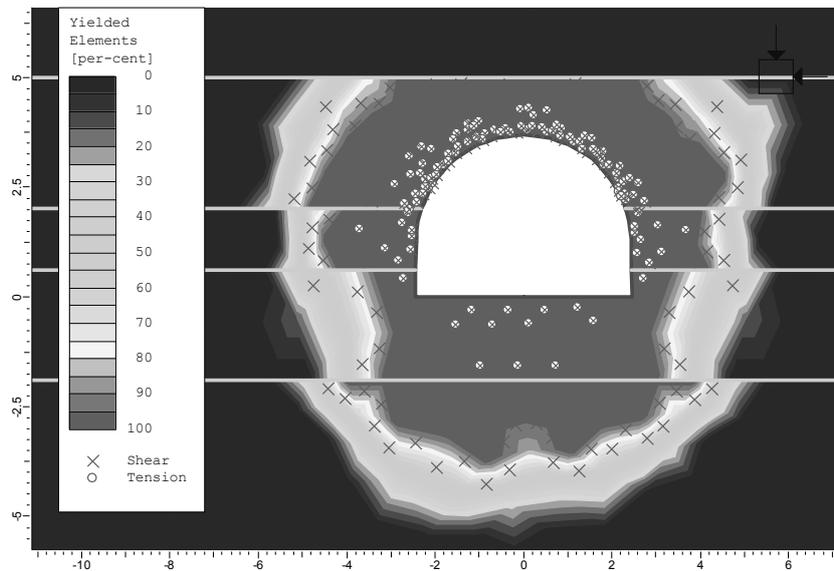


Рис. 9. Область ЗНД южный уклон II-й ступени пласта  $l_1$  с крепью

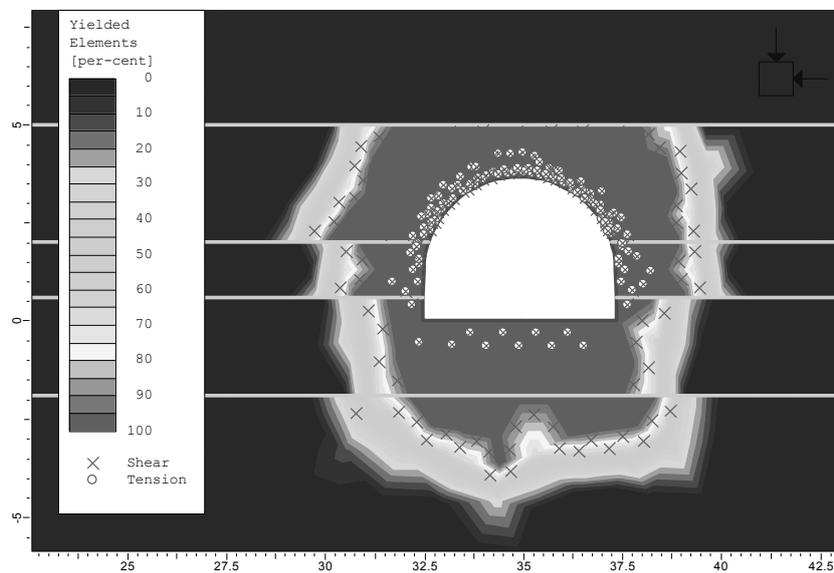


Рис. 10. Область ЗНД людской ходок II-й ступени пласта  $l_1$  с крепью

Как видно из рисунков, структура зоны разрушения в окрестности выработки неоднородна – по мере удаления от контура степень разрушения снижается, что по принятому в задаче критерию разрушения Хойека-Брауна означает снижение степени дефектности, т.е. – повышение качества массива. Это физически означает уменьшение степени разрушения от действия перераспределения напряжений в окрестности выработки. Однако среда даже с минимальной степенью нарушенности (относительно исходного состояния) все же является частью зоны разрушения и участвует в формировании нагрузки на крепь и, что более важно, ослабляет приконтурную зону, пригодную для установки стальных анкеров.

Таким образом, на основании анализа горно-геологических и горнотехнических условий эксплуатации, результатов геологических изысканий, данных маркшейдерской службы шахты, а также данных про объемы ремонтных работ, к основным осложняющим факторам, которые в значительной мере влияют на условия проведения и поддержание горных выработок, в первую очередь следует отнести:

1. Наличие слабых вмещающих пород склонных к обрушению и пучению, а также к резкой потере устойчивости при размокании, в особенности для условий южного крыла шахты;

2. Увеличение глубины разработки, провоцирующей для данных горно-геологических условий нелинейное ухудшение устойчивости горнотехнических объектов в не зависимости от их пространственной ориентации;

3. Относительно большое количество непрогнозируемых мелкоамплитудных геологических нарушений в окрестности исследуемых выработок;

4. Одновременную отработку сближенных пластов  $l_2'$  и  $l_1$  южной части шахтного поля;

5. Относительно высокую степень концентрации горных работ;

6. Неполное соответствие режима работы применяемых в настоящее время крепей условиям их эксплуатации, в т.ч. и за счет нарушения технологии возведения.

Кроме того, в данной работе разработана численная модель и процедура моделирования, позволяющая оценивать напряженно-деформируемое состояние исследуемой системы в достаточном приближении к реальной ситуации. Разработанная модель откалибрована в соответствии с реальной геомеханической ситуацией. Дальнейшие исследования следует сосредоточить на выполнении шахтных измерений, параллельно с которыми будет выполняться обоснование параметров мероприятий по повышению устойчивости исследуемых выработок с применением численных моделей.

Также в работе установлено, что введение в модель рамной крепи влияет на НДС системы, но все же не дает исчерпывающего повышения устойчивости выработки, а выработки пласта  $l_2'$  имеют в целом меньшую устойчивость, чем выработки пласта  $l_1$ . Эти результаты соответствуют реальной ситуации, что подтверждает адекватность разработанной модели.

#### Список литературы

1. Сдвижкова Е.А., Кравченко К.В., Халимендик А.В., Халимендигов Е.Н., Янжула А.С. Анализ проявлений горного давления при проведении протяженных выработок в районе мелкоамплитудных геологических нарушений на примере уклона блока №10 ШУ «Покровское». Наукові праці УКРНДМІ НАН України. Випуск 9 (частина 1). – Донецьк, УКРНДМІ НАН України, 2011. – С. 269-281.

2. Халимендик А.В. До обґрунтування комплексу заходів з підвищення тривалої стійкості підземних виробок шахт Донбасу. Матеріали 6-й Міжнародної конференції. «Перспективи освоєння підземного простору» – Дніпр.: НГУ, 2012 – С 86-88.

3. Солодянкин А.В. Геомеханические модели в системе геомониторинга глубоких угольных шахт и способы обеспечения устойчивости выработок. – Дис. ... д-ра техн. наук: 05.15.04., 05.15.09. Днепропетровск. – 2009. – 426 с.