

УДК 622.831.3

Солодянкин А.В. д.т.н., проф., Оболонский Р.В., асп., Государственный ВУЗ «НГУ», г. Днепропетровск, Украина

ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ВЕЛИЧИНЫ ПУЧЕНИЯ ПОЧВЫ ВЫРАБОТОК НА ШАХТАХ ПАО «ПАВЛОГРАДУГОЛЬ»

Введение.

Угледобывающая промышленность одна из важнейших составляющих топливно-энергетического комплекса Украины, а, следовательно, и всей экономики в целом, которая обеспечивает энергетическую безопасность государства. Дальнейшее экономическое развитие Украины требует увеличения добычи угля, большие запасы которого находятся в сложных горно-геологических условиях и на больших глубинах. В связи с этим актуальной является проблема сохранения устойчивости протяженных выработок, обеспечивающих стабильную отработку угольных запасов.

Анализ имеющихся данных показывает, что расходы на ремонт и поддержание подготовительных выработок на шахтах Украины составляют около 15% суммарных затрат на добычу угля. На данных работах задействовано до 10-15% штата подземных рабочих, кроме того усложняются работы по всей технологической цепи действующего горного предприятия. Более 40% протяженных выработок угольных шахт Украины ремонтируется до сдачи в эксплуатацию, особенно вследствие пучения пород почвы. Это приводит к перерасходу дефицитных крепежных материалов, увеличению трудозатрат на подготовку новых лав и, как следствие, увеличению себестоимости добываемого угля.

Известно, что в 70% случаев потеря устойчивости выработок происходит за счет пучения пород почвы. В большей мере это касается подготовительных выработок.

Существует достаточно большое количество способов борьбы с пучением пород почвы выработок, эффективность и область применения которых ограничивается стадией проведения выработки. Дальнейшее их применение малоэффективно, так как в процессе эксплуатации выработки меняется горнотехническая ситуация, что требует реализации других, адекватных этим условиям мероприятий. В большинстве случаев, в горных выработках проводится подрывка почвы.

Подрывка вспученных пород почвы – весьма трудоемкий и практически немеханизированный вид ремонта подготовительных выработок. 90% всех почвоподдирочных работ ведется как вручную, так и с применением БВР или отбойных молотков с последующей погрузкой породы при производительности труда 1,5-2,0 м³/чел-см.

Таким образом, учитывая, что уровень механизации работ по подрывке составляет мизерную величину – 6,3%, а средний объем поддирки в целом по Украине составил до 2500 км в год, становится очевидно, что поиск эффективных способов и средств борьбы с пучением пород почвы является одной из первостепенных задач, стоящих перед угледобывающими предприятиями, и имеет важное народнохозяйственное значение. При этом разработка технологических параметров таких мероприятий неразрывно связана с натурными исследованиями закономерностей этого сложного по своей природе явления.

Целью статьи является обоснование эффективности мероприятий по снижению величины пучения пород почвы в протяженных горных выработках в сложных горно-геологических условиях шахт ПАО «Павлоградуголь».

Развитие представлений о механизме пучения пород почвы

Пучение пород – это один из наиболее распространенных видов проявлений горного давления, однако эффект вспучивания пород почвы в подземных выработках является до сих

пор недостаточно изученным, несмотря на значительное количество исследований, выполненных в этой области. В одних случаях одни и те же способы эффективны, а в других – бесполезны.

Над проблемой пучения трудились такие ученые, как Б.И. Бокий, М.М. Протодяконов, Г.Г. Литвинский, Н.М. Покровский, М.И. Евдокимов-Рокотовский, В.И. Белов, П.М. Цимбаревич, Ю.З. Заславский, В.М. Городничев, О. Якоби и др.

В настоящее время существует несколько гипотез, объясняющих причину выдавливания пород в горных выработках (пучения):

- набухание пород под действием влаги;
- увеличение объема пород в зоне неупругих деформаций вследствие их пластического разрыхления;
- выпирание пород под влиянием опорного давления в боках выработки;
- вязкое течение пород в результате неравновесного состояния массива в почве выработки;
- сорбционное набухание пористых газонасыщенных сред;
- потеря упругопластической устойчивости пород в области неупругих деформаций т.д.

В работах А.Н. Шашенко, [1] предложен новый подход к изучению проблемы пучения пород почвы подземных выработок. В его основе лежит гипотеза о потере упругопластической устойчивости породного массива в окрестности одиночной выработки, которая была сформулирована на основе обобщения результатов большого количества лабораторных, натуральных и аналитических исследований. В процессе неупругого расширения пород в замкнутом объеме (рис. 1) с жесткими внешними размерами ($r = rL$) происходит перемещение внутреннего контура ($r = 1$). До тех пор, пока эти перемещения не достигнут некоторой критической величины, внутренний контур сохраняет первоначальную форму. При достижении же критических значений перемещений происходит резкое искажение формы внутренней границы, сопровождающееся уменьшением уровня потенциальной энергии в приконтурной зоне и большими перемещениями на контуре выработки.

Таким образом, вспучивание почвы в условиях больших глубин разработки, приводящих к образованию вокруг выработки ЗНД значительных размеров и большими перемещениями контура, является переходом системы «выработка – породный массив» в новое устойчивое состояние, характеризуемое аномально большими перемещениями в локальной зоне приконтурного массива.

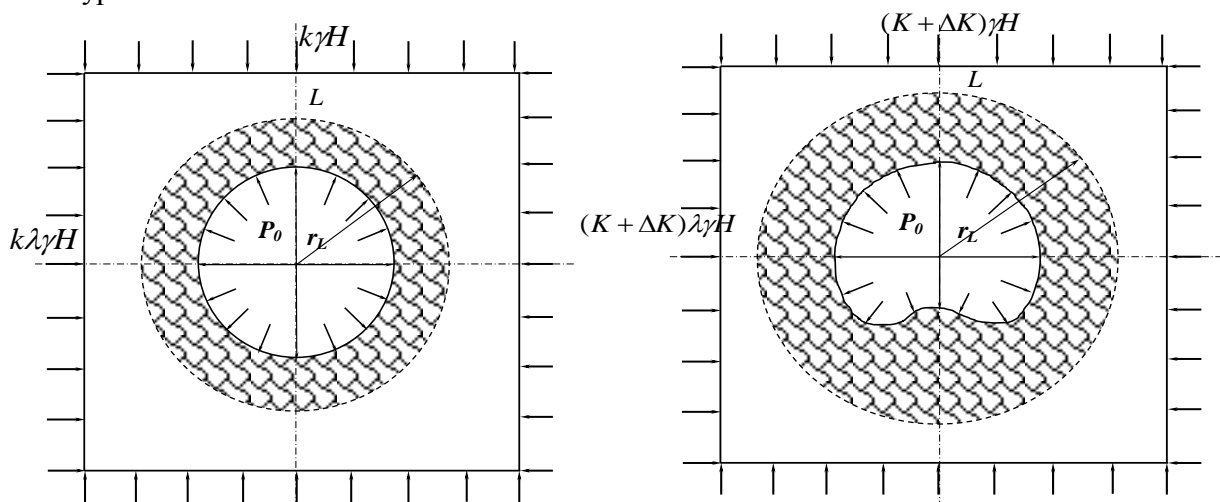


Рисунок 1 – Расчетная схема к решению задачи о потере упругопластического равновесия приконтурного массива:

а – исходное состояние системы ($rL < r_L^*$); б – возмущенное состояние ($rL \geq r_L^*$)

Меры борьбы с пучением пород почвы в выработках

И.Л. Черняк считает [2], что меры борьбы с проявлениями пучения можно подразделить на две группы.



Рисунок 2 – Меры борьбы с проявлениями пучения

Многие исследователи, исходя из того, что величина и интенсивность пучения зависят от напряженного состояния и прочностных свойств пучащих пород, подразделяют меры борьбы с пучением на следующие группы:

I группа. Меры, связанные с ослаблением напряженного состояния пород, окружающих выработку, и уменьшением давления их на крепь (расположение выработок за пределами пучащих пород; выбор конструкции, прочных размеров и величины податливости крепи; устранение возможности отрицательного влияния соседних выработок).

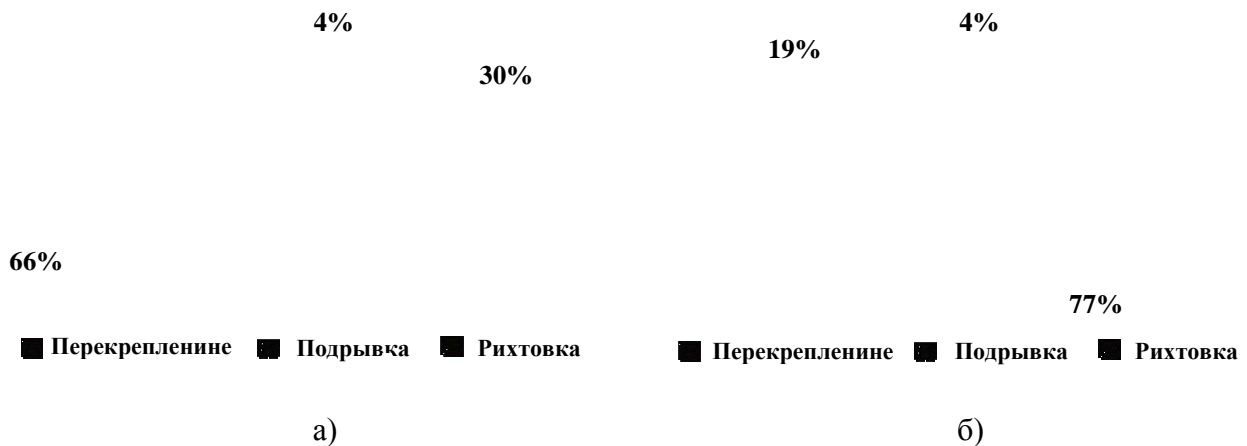
II группа. Меры, позволяющие сохранить естественную прочность пород, окружающих выработку (осушение шахтных полей; организация на шахтах надежной системы водоотлива и правильная его эксплуатация; осушение выработок, устройство дренажных канав; изоляция боковых пород от влияния шахтных вод и влаги воздуха путем устройства сплошной влагонепроницаемой крепи, торкретирования поверхности выработок, применения песчаной засыпки, опрыскивания или смазки поверхностей пород химическими растворами).

III группа. Меры, связанные с повышением прочности пород, окружающих выработку (крепление почвы горных выработок штангами; борьба с пучением взрывным способом; электрический способ; химические и электрохимические способы закрепления глин).

Анализ опыта применения различных способов борьбы с пучением показал, что наиболее эффективными являются те, которые направлены на поддержание всего деформированного массива в окрестностях выработки, в отличие от тех мер, которые направлены только на локальное противодействие пучению, устранение его последствий.

Шахтные исследования состояния выработок ПАО «Павлоградуголь»

Комплексные исследования, выполненные на шахтах ПАО «Павлоградуголь» показывают, что основной объем работ, направленных на ремонт выработок направлен на борьбу с негативными последствиями именно пучения. Так 66 % объема ремонтных работ во всех выработках затрачивается на рихтовку путей, чье смещение произошло вследствие вспучивания пород почвы (рис. 3а); в участковых выработках подрывка занимает до 77 % от общего объема работ (рис. 3б).



*Рисунок 3 – Фактические объемы ремонтных работ:
а – всех выработок, б - участковых выработок*

Для обоснования мероприятий снижающих величину пучения в протяженных выработках на шахте им. Героев космоса ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» был проведен эксперимент, целью которого являлась оценка влияния комбинированных крепей и дополнительных мероприятий на развитие деформационных процессов, происходящих в окружаемом выработку нарушенном массиве.

В качестве объекта исследований принят 1052 сборный штрек 1052 лавы пласта С10в, гор. 370 м.

Основная идея в том, чтобы рассматривать пучение почвы не как отдельно взятый процесс, а как часть сложного процесса поддержания устойчивости деформированных пород вокруг выработки, образовавшихся в результате нарушения их естественного состояния равновесия выемкой пород.

На протяжении экспериментальной выработки определен участок, где были установлены три вида крепи:

1. типовая арочная крепь из СВП 22;
2. крепь из СВП 27 с дополнительной расклинкой рам деревом в нескольких точках по сводчатой части;
3. крепь из СВП 27 с установкой дополнительной анкерной крепи (9+2 анкера).

Измерение на рассматриваемых участках выработки проводилось на замерных станциях, оборудованных контурными и глубинными реперами, а также по засечкам на профиле металлической крепи.

На рассматриваемых экспериментальных участках отмечено характерное пучение пород почвы по правой стороне выработки.

Измерения проводились с ПК 64. За период с 30.11.2011 по 15.02.2012 г. было выполнено 8 серий замеров.

На основании полученных данных был построен график изменения высоты выработки на протяжении определенного времени на пикетах №69, 72, 75, 81 (участок с типовой

арочной крепью), в которых прослеживается четкая зависимость (рис. 5), обусловленная развитием деформационного процесса в приконтурном массиве.

Данных для участка с экспериментальной крепью еще не достаточно для получения полной картины, но визуально заметно уменьшение деформаций и улучшения состояния крепи.

Вывод.

Результаты натуральных исследований геомеханических процессов вокруг выработки, закрепленной комбинированными системами крепи, показали эффективность мероприятий направленных на снижение деформационных процессов в окрестностях выработки и проводимых сразу после установки крепи.

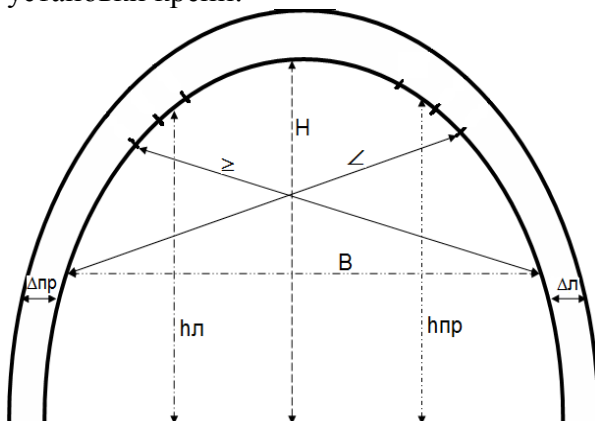


Рисунок 4 – Схема проведения измерений деформации рамы крепи

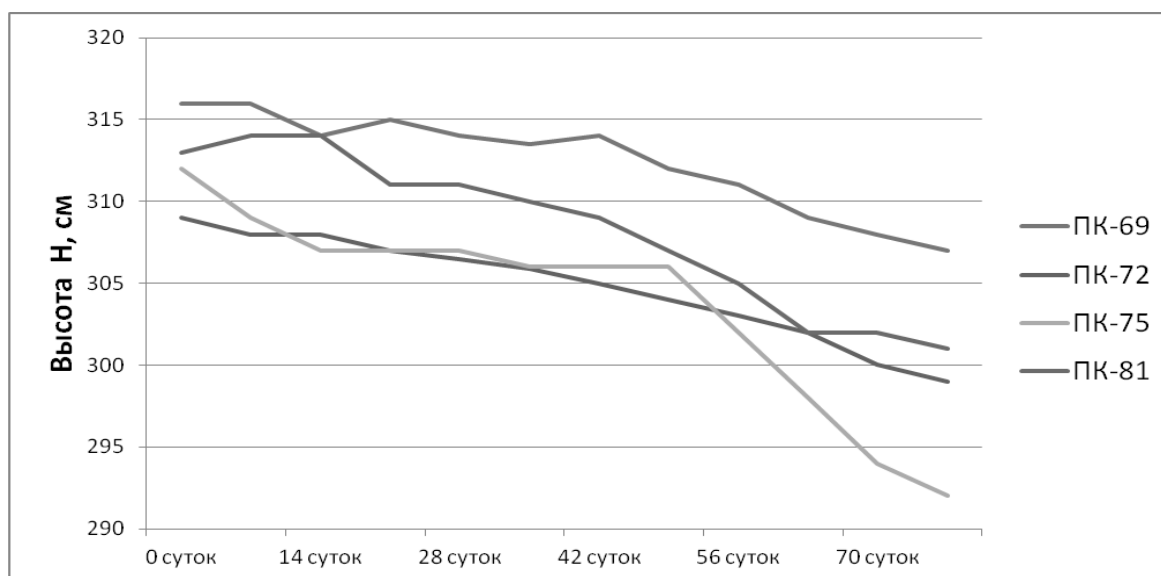


Рисунок 5 – Изменение высоты выработки в результате развития деформационного процесса в окружающем массиве

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шашенко А.Н. Устойчивость подземных выработок в неоднородном породном массиве. Дисс. докт. техн. наук 05.15.04. – Днепропетровск, 1988. – 507 с.
2. Черняк И.Л. Предотвращение пучения почвы горных выработок. М. Недра, 1978. – 237 с.