

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. А.Г. Зиганшин «РАНК 2»: безопасность, эффективность, скорость. – Уголь Кузбасса №3, 2010 г.
2. Ю.М. Халимендик, С.А. Воронин, А.М. Винник Переход лавой выработки в условиях шахты «Юбилейная» ОАО «Павлоградуголь». – Науковий вісник НГУ №2, 2008 р.
3. Руководство КД 12.01.01.503-2001 Управление кровлей и крепление в очистных забоях на угольных пластах с углом падения до 35°. – К.: Минтопэнерго Украины, 2002.
4. Підготовчі виробки на пологих пластах. Вибір кріплення, способів і засобів охорони. СОУ 10.1.00185790.011:2007. – К.: Мінвуглепром України, 2007.
5. Черняев В.И. Расчет напряжений и смещений пород при разработке свиты пластов. – К.: Техника, 1987.

УДК 622.831

Ганев С.Н., к.т.н., доц., Сторчак Г.Г., асп., каф. СГМ, НГУ, г. Днепропетровск, Украина

АНАЛИЗ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ НЕСИММЕТРИЧНОЙ НАГРУЗКИ НА РАМНУЮ МЕТАЛЛИЧЕСКУЮ КРЕПЬ И НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЕЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ

Ориентация страны на развитие энергетической базы определяется ее ресурсным потенциалом. В Украине, в частности, основным энергоносителем является уголь – единственное сырье, объемы которого потенциально достаточны для полного обеспечения потребностей национальной экономики. Поэтому состояние угольной промышленности Украины является главным показателем энергетической независимости государства. Учёные-экономисты считают, что оптимально необходимые объёмы добычи угля для Украины должны составлять: 2010 г. – 96 млн. т, 2020 г. – 112 млн.т и 2030 г. – 120 млн. т. По оценкам экспертов эти объёмы определяются возможным граничным истощением мировых запасов нефти и газа, которое может наступить уже до 2035 г. При этом мировая потребность в угле прогнозно возрастёт в 2 раза. Важно при этом подчеркнуть, что цены на газ могут возрасти в 2-3 раза. Поэтому стратегическая цель в развитии угольной промышленности страны состоит в существенном увеличении добычи угля для повышения уровня энергетической безопасности. [1].

Увеличение угледобычи неизбежно сопровождается ростом объемов проведения горных выработок. Проблема обеспечения их устойчивости приобретает особенно большое значение с увеличением глубины разработки. Величина ее в Украине приближается к 800 м, 60,8% шахт работают на глубине более 600 м и 15% – более 1000 м [2].

Комплексным показателем, характеризующим условия разработки месторождений, является безразмерное отношение $R_c^m / \gamma H$ где R_c^m - прочность массива на одноосное сжатие, γ - объемная масса пород, H - глубина разработки. Это отношение является достаточно объективной величиной, определяющей сложность обеспечения устойчивости подземных выработок[3], хорошо подтверждающейся практическими наблюдениями и вошедшей в нормативные документы [4]: чем меньше его значение, тем хуже условия эксплуатации подземных выработок. Данный показатель используется для оценки условий эксплуатации выработок многими учеными и научными школами. Так, уточненный показатель $\theta = R_c K_c / \gamma H$, где K_c – коэффициент структурно-механического ослабления, активно использующийся в исследованиях научной школы геомеханики кафедры СГМ НГУ. Как показывает анализ [5], этот показатель хорошо коррелирует с понятием большие глубины

разработки для которых характерны значительные ухудшения состояния выработок.

Одним из основных факторов определяющих ритмичность, эффективность и безопасность работ в угольных шахтах является удовлетворительное состояние капитальных и подготовительных выработок. Одной из мер по его обеспечению является возведение крепи в выработках.

Наиболее распространенным видом крепления на шахтах Украины являются металлические арочные податливые крепи из спецпрофиля (92-98%) [6].

Анализ состояния подготовительных выработок угольных шахт Украины, а также затрат, связанных с их поддержанием и ремонтом, показывает, что большую трудность при поддержании подготовительных выработок в эксплуатационном состоянии представляют большие смещения контура в результате воздействия несимметричных нагрузок на крепь.

Как показывают многочисленные исследования возникающие несимметричные нагрузки на крепь обусловлены рядом факторов:

1) несоответствие многих известных конструкций металлокрепей широкому спектру горно-геологических условий поддержания горных выработок;

2) проявление новых форм горного давления на глубинах 800-1300 м, при которых применяемые крепи не обеспечивают надлежащее противодействие перемещающимся породам в выработку, что вызывает их запредельные деформации [7];

3) несовпадение направления податливости постоянной крепи с преобладающими смещениями породного контура [8]

4) ослабления угленосной толщи под действием геомеханических процессов, в частности водонасыщения.

Увлажнение окружающих выработки пород даже от орошения при комбайновой проходке, совместно с естественной трещиноватостью приводит к образованию в приконтурном массиве пластической зоны, которая не обладает несущими свойствами, а участвует лишь в передаче внешних нагрузок и их перераспределении по контуру крепежных рам вследствие чего на большой глубине образуется техногенная структура, формирующая неравномерную нагрузку на крепь [9];

5) расположение выработки относительно границ очистных работ и обусловленную этим степень влияния возникающего опорного давления;

6) несоответствие расчетных схем реальным условиям работы крепи [10]; Как показывает многочисленные исследования, лишь очень незначительная часть выработок работает в условиях идеально симметричной внешней нагрузки. В эту же категорию можно отнести и выработки, крепь которых испытывает нагрузку с небольшим отклонением от вертикали, приводящей к снижению несущей способности не более, чем на 10% [11].

6.1) нарушение технологии возведения крепи из-за низкой дисциплины и халатности горнорабочих;

6.2) отсутствие забутовки или ее некачественное возведение. Это обстоятельство ведет к тому, что крепь длительное время не оказывает сопротивления смещению пород, что способствует изменению схемы загрузки.

7) формирование несимметричной нагрузки может происходить в виде складкообразования (рис.1), в породах приконтурной части массива. Это приводит к локальному воздействию на крепь, направление которого перпендикулярно напластованию пород [12];

8) одностороннее влияние внешней нагрузки испытывает также крепь сближенных выработок, сопряжений и закруглений об этом свидетельствуют многочисленные литературные источники [12];

Нормативные документы, определяющие пространственно - планировочные параметры расположения выработок и исключаящие их взаимовлияние, рекомендуют

располагать выработки на расстоянии не менее трех-пяти диаметров, однако, в условиях большой глубины разработки, с увеличением напряжений в окружающем выработку массиве, смежные выработки могут оказывать влияние на значительно большее расстояние, что не всегда учитывается.

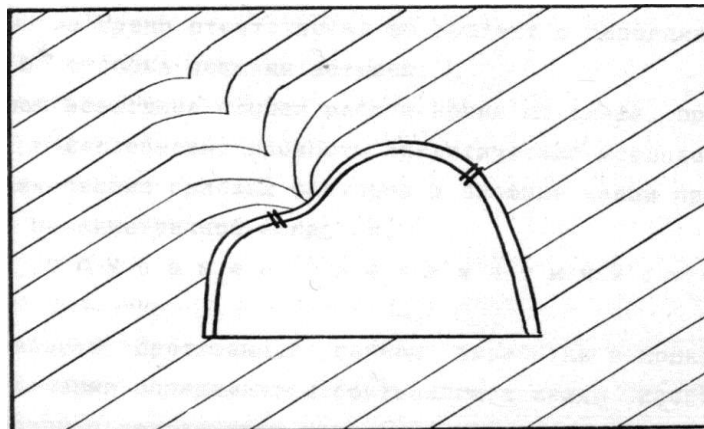


Рис.1. Локальный характер передачи нагрузки на крепь при складкообразовании.

8) одностороннее влияние внешней нагрузки испытывает также крепь сближенных выработок, сопряжений и закруглений об этом свидетельствуют многочисленные литературные источники [12];

Нормативные документы, определяющие пространственно - планировочные параметры расположения выработок и исключаяющие их взаимовлияние, рекомендуют располагать выработки на расстоянии не менее трех-пяти диаметров, однако, в условиях большой глубины разработки, с увеличением напряжений в окружающем выработку массиве, смежные выработки могут оказывать влияние на значительно большее расстояние, что не всегда учитывается.

9) неравномерность внешней нагрузки испытывают выработки, охраняемые различными искусственными полосами.

Общим недостатком искусственных охранных сооружений из различных материалов является то, что они оказывают достаточное сопротивление опусканию пород только после значительной осадки. По данным обследованных ДонУГИ, 365 выработок, охраняемых породными полосами, более 20% их протяженности находится в неудовлетворительном состоянии. Связано это с неравномерным опусканием пород кровли в выработке за лавой и как следствие - асимметричным нагружением крепи;

10) вывалообразование. Как известно, нагрузка на крепь формируется в результате совместного воздействия смещений пород в образованной вокруг выработки ЗНД и веса отделившихся в пределах ЗНД столба разрушенных пород над сводом выработки. Как правило, полного отделения разрушенных пород не происходит в следствии чего и образуется вывал [13,14];

Многочисленные существующие способы и средства обеспечения устойчивости оказываются во многих случаях недостаточными. В связи с этим на поддержание выработок в эксплуатационном состоянии отвлекаются значительные трудовые ресурсы, а суммы затрат на ремонтные работы достигают огромных размеров. Все вышеперечисленное создает предпосылки к созданию новых и усовершенствованию старых методов повышения несущей способности металлических крепей.

Одна из характерных особенностей работы крепи в условиях несимметричной нагрузки является появление значительных горизонтальных смещений пород, что требует соответствующих изменений в конструкции крепи, в связи с этим разработаны специальные

крепя с податливостью в горизонтальном и вертикальном направлении - крепь КПК (ДонУГИ) - для выработок крутых пластов, проводимых по простиранию; крепь направленной податливости АПК-3 (ДПИ) с дополнительным узлом податливости в верхняке. Данные технические решения позволяют значительно повысить несущую способность крепи в 2-2,5 раза по отношению к традиционным арочным [15].

Одним из механизмов обеспечения долговечной работоспособности крепи при несимметричных нагрузках является управление ее податливостью в соответствии формирующейся ассиметричной нагрузкой

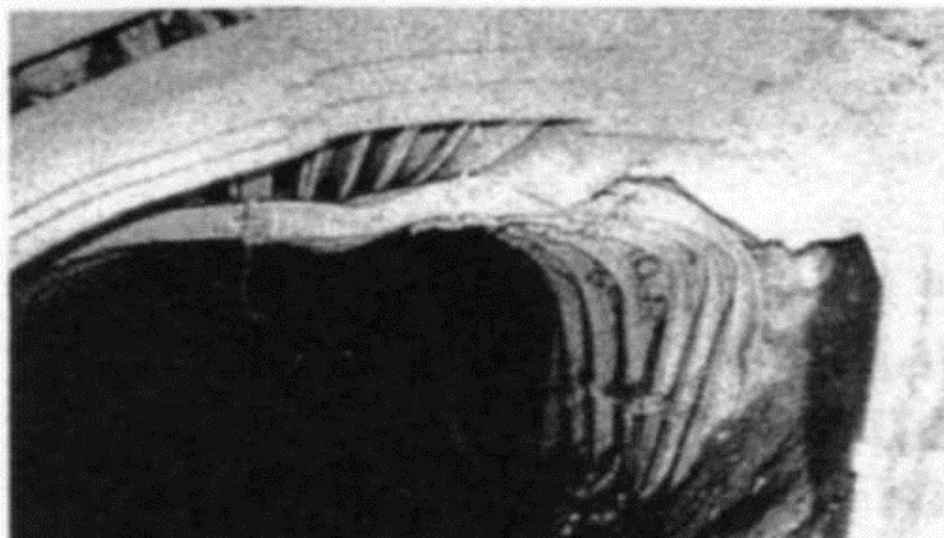
В работах [17], [18] описана конструкция компенсационного узла разноподатливой арочной крепи состоящего из П-образных скоб, планок и гаек, узла податливости ЗСД конструкции ДонУГИ, узлов податливости ЗПК конструкций НИИОГР и КузНИУН. Установка данной конструкции на раму арочной крепи позволяет замедлить процесс срабатывания замка податливости со стороны больших нагрузок и включить в работу замок ЗСД без «тормоза» со стороны меньших нагрузок. В результате одновременной работы обоих узлов податливости арочная крепь более равномерно воспринимает возникающую несимметричную нагрузку, что положительно скажется на устойчивости выработки.

Еще один метод устранения вредного воздействия несимметричной нагрузки описан в работе [19] и достигается выполнением составляющих элементов крепи разнопрочными. Конструкция представлена четырехзвеньева арочной крепью повышенной несущей способности, из жестко скрепленного сдвоенного спецпрофиля в зоне перекрепления и стоек крепи выполнены из обычных одинарных спецпрофилей.

Внедрение преднапряженного элемента усиления в конструкцию рамы на участке прогнозируемых деформаций профиля является еще одним достаточно распространенным способом повышения несущей способности крепи [20]. В работе [21] описывается способ, в котором в качестве средства управления усилиями возникающими в конструкции крепи используется предварительно напряженная металлическая стяжка, установленная с регулируемым сопротивлением.

Увеличение несущей способности крепи может достигаться также с помощью анкеров, взаимодействующих непосредственно с профилем крепи, установленных посредством жесткой связи, либо через металлические полосы - при установке их между рамами крепи [22 - 25].

Таким образом в ситуации повышения несущей способности металлокрепи при несимметричной нагрузке, с одной стороны, известно достаточно много способов



Пример воздействия несимметричной нагрузки на крепь [16].

управления несущей способностью крепи в таких условиях, а с другой стороны – крепь продолжает выходить из строя в силу действия несимметрии нагружения. Это может быть связано с тем, что некоторые способы оказываются не эффективными в условиях повышения глубины разработки, а другие – сложны в реализации, требуют дополнительных организационных мер и финансовых затрат, на которые предприятия зачастую идут крайне неохотно.

ВЫВОДЫ:

1. Основной энергоноситель которым в достаточной степени владеет Украина - уголь. Приоритетным для страны является направление развития угольной промышленности, удовлетворительное состояние которой определяет уровень энергетической независимости государства. Возрастающие темпы угледобычи неизбежно влекут за собой рост объемов проведения горных выработок и увеличения глубины ведения горных работ. Эти факторы существенно и негативно влияют на проведения, эксплуатации и поддержания подземных сооружений. Состояние подготовительных и капитальных выработок – один из основных факторов, влияющих на эффективность работы угольных шахт.

2. Металлическая рамная крепь является самым распространенным видом крепления в подготовительных и капитальных выработках, поэтому одной из важных задач является поиск новых и усовершенствование старых методов повышения ее несущей способности.

3. Как показывают многочисленные исследования, потеря несущей способности крепи, в большинстве случаев, возникает в результате воздействия несимметричной нагрузки, которая характеризуется перенапряжением в каком-либо элементе крепи, в то время, как остальная конструкция остается недогруженной.

4. Несимметрия внешнего нагружения, которая так существенно влияет на несущую способность металлической крепи, определяется, прежде всего условиями на контакте "крепь-порода". Управляя этими условиями, можно добиться значительного повышения устойчивости протяженных горных выработок.

Способами управления являются изменение схемы нагружения путем приложения сосредоточенной нагрузки в определенных точках крепи, применение крепи переменной жесткости, использование инвентарных элементов усиления крепи, анкерование породного массива и тому подобное.

5. Разработка сравнительно недорогих, простых в реализации и эффективных, в условиях больших глубин разработки, способов повышения устойчивости рамной металлической крепи является актуальной научно-технической задачей, важной для народного хозяйства Украины.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Проблеми стратегії розвитку вугільної промисловості України / Г.Г.Півняк, П.І. Пілов, В.І. Бондаренко, В.І. Саллі та інш. // Сбор. науч. тр. НГУ. – № 17, т.1. – Днепропетровск: РИК НГУ, 2003. – С. 5-11.
2. Янко С.В. Основные направления технического развития шахт Украины // Уголь Украины. – 1993. – №1. – С. 8-11.
3. Шашенко А.Н. Устойчивость подземных выработок в неоднородном породном массиве: дисс. доктора техн. наук: 05.15.04.; 05.15.11 / Шашенко Александр Николаевич. – Днепропетровск, 1988. – 507 с.
4. СН и П-П-94-80 Подземные горные выработки. Нормы проектирования.- М.: Изд. Стандартов. 1980.-36 с.
5. Солодянкин А.В. К обоснованию границ «больших глубин разработки» // Материалы международной конференции «Форум горняков».
6. Байсаров Л.В. Обоснование параметров и разработка технологи комбинированного

- способа поддержания повторно используемых выработок. Дисс...канд. техн. наук:05.15.02 – Днепропетровск – 2004. – 241 с.
7. Школа подземной разработки 2007. Кириченко, Иванов, Гладнев.
 8. Совершенствованиетехнологии строительства шахт и подземных сооружений. Вып№15. 2009 (РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ КОМПЕНСАЦИОННОГО УЗЛА АРОЧНОЙ ПОДАТЛИВОЙ КРЕПИ) Ст. прем. Ю.И. Кобзарь, доц. Г.Г. Левчинский, (луд. Р.Г. Заставной, АФГГ ВНУ им. В.Даля, г. Антрацит, Украина.
 9. С.Б.Тулуб, А.А.Татаринов, В.И.Костогрыз. Выбор рациональных конструктивных параметров рамных крепей для условий шахт западного донбасса.// Науковий вісник НГА України №2, 1998 р.
 10. С.Б.Тулуб, А.И.Панишко. ВЛИЯНИЕ НЕСИММЕТРИИ ЗАГРУЖЕНИЯ НА НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ КРЕПИ.// Науковий вісник НГА України № 4, 1999 р.
 11. Солодянкин А.В. Обоснование параметров способа усиления крепи подготовительных выработок при несимметричной нагрузке. Дисс...канд. техн. наук:05.15.04. – Днепропетровск, 1996. – 154 с.
 12. Копылов А.Ф.. Назимко В.В. Повышение устойчивости надрабатываемой выработки//Уголь Украины. * 1994, - N 8. - с. 23-24.
 13. Кошелев К.В., Петренко Ю.А., Новиков А.О. Охрана и ремонт горных выработок.- М.: Недра,- 1990,- 218 с.
 14. Кошелев К.В., Комелев О.К.. Фисунов А.В. Характеристика вывалообразований в горных выработках шахт Донбасса//Подземное и шахтное строительство, - 1991, - N 5, - с. 11-14.
 15. Липкович С.Н., Краснов СВ., Каминский Ю.В., Польский Н.Д. Крепь направленной податливости АПК для подготовительных выработок крутых пластов// Уголь Украины,- 1979.- N 3.- с. 4-5.
 16. Воробьев А.Н, Шаймярдинов И.К. Определение рациональных параметров рамных крепей горных выработок для условий шахт Донского ГОКа. // Горный информационно-аналитический бюллетень. №4. 2004.
 17. Лигвинський І.І. Гайко Г.І., Кулдиркаєв М.І. Сталеве рамне кріплення гірничих виробок. - К.: Техніка, 1999. - 216 с.
 18. Халемендик Ю.М., Александров С.Н., Вишневский В.В. Замковые соединения усиленной конструкции для повышения устойчивости горных выработок // Уголь Украины. - 2007.-№2.-С. 16-19.
 19. Генин М.С Способы упрочнения горного массива вокруг проводимой выработки//Уголь.- 1983.- N 12. - с. 16-18.
 20. Гайко Г.И. Обоснование способа и параметров усиления арочной крепи: Автореф. дисс., канд.техн. наук.- Донецк, 1995. - 20 с.
 21. Литвинский Г.Г., Троян В.Д. Исследование резервов повышения несущей способности металлической арочной крепи// Технология добычи угля подземным способом. - 1976. - N 12. - с. 38-39.
 22. Выгодин М.А., Евтушенко В.В. Применение металло-анкерных крепей на шахтах Западного Донбасса//Уголь Украины, - 1989. -N 8. - с. 36-38.
 23. Краев Ю.К., Корнилков М.В. Оперативный способ увеличения несущей способности крепи, взаимодействующей со слабыми горными породами//Строительство шахт, рудников и подземных сооружений: Межвуз, научн.темат. сб. - Свердловск: изд. СГИ, - 1988. - с. 3.9-43.
 24. Литвинов В.Я. О причинах и механизме повывения несущей способности крепи.//Горный журнал,-1990. - N10. - с.24-27.
 25. Широков А. П., Найдов М.И., Петров А.И., Лидер В.А. Анкерная крепь в Кузбассе. М..Прометей, - 1990. - 126 с.