© П.М. Бондарев, М.П. Бондарев, 2005

УДК 622.272

П.М. Бондарев, М.П. Бондарев

О НЕОБХОДИМОСТИ УЧЕТА ТЕКТОНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ВЫБОРЕ НАПРАВЛЕНИЯ ВЕДЕНИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ

Семинар № 1

Выход угольной отрасли России из затяжного кризиса решается не только путем ввода новых шахт, но и интенсификацией процессов добычи (повышенной нагрузки на лавы). Однако в сложившихся условиях, когда техника по большей части изношена, реально происходит разрыв связи поколений шахтеров, сопровождающийся потерей традиций и снижением уровня подготовки трудовых коллективов, достигать высоких показателей трудно. Быстро такие потери не восстанавливаются.

Для повышения производительности угледобывающих предприятий, необходимо искать и другие пути. Одним из этих путей, является использование естественных (природных) процессов, происходящих в горном массиве, с положительным эффектом.

Как показывают проводимые авторами исследования, на поведение горного массива большое влияние оказывает тектоническая составляющая спектра силового воздействия горизонтального или близкого к нему направления, формирующая локальные участки сильнонапряженных зон. Особенно очевидно это проявляется с возрастанием глубины добычи полезного ископаемого, где в результате проводимых горных работ происходит искажение естественного напряженного поля горного массива, последствия которого, как правило, негативно сказываются на устойчивости горных выработок, обрушаемости пород, эффективности добычных комплексов и т.п.

Прогноз напряженного состояния угленосных отложений и вмещающих пород неразрывно связан с анализом их деформированности, т.е. изучением дизъюнктивных и пликативных дислокаций. По мнению некоторых авторов [1], эти дислокации являются одним из четких индикаторов интенсивности тектонических движений. Подвижные части слоистой среды указывают на время, место и направление разрядки тектонических напряжений. Материалы по складчатым и иным деформациям рассматриваются при этом с морфолого-геометрических, кинематических и динамических позиций. Такая схема позволяет с единых позиций выявить параметры деформационного поля исследуемой территории.

Существующие теории поведения горного массива в окрестностях горных выработок принимают в расчет вес толщи горных пород, залегающей выше. Это прежде всего разработки, основанные на поведении полубесконечных балок, лежащих на упругом основании, и балок, в которых происходит нарушение сплошности по контактам слоев и где породный массив рассматривается как совокупность отдельных слоев. Некоторые теории рассматривают горные породы как упругие однородные, изотропные и сплошные среды. Однако эти разработки, как показывает практика, уже вырабатывают заложенные в них теоретические ресурсы и зачастую не способны обеспечивать уровень современного производства.

Для решения вопросов повышения эффективности и безопасности горных работ предлагаем использовать эффект вектора пограничного смещения.

Горняками Восточного Донбасса давно отмечены особенности поведения горного массива, свидетельствующие о том, что при отработке угольных пластов в разных направлениях горный массив ведет себя по-разному и различия эти бывают весьма существенными. Так, по наблюдениям производственников, отработка пласта m_8^1 шахтами Краснодонецкого

шахтоуправления ОАО (ПО) "Ростовуголь" (Краснодонецкая синклиналь) в восточном направлении всегда велась в более благоприятных условиях, чем в западном. Аналогичная картина отмечена на шахтах "Аютинская", "Южная" (Шахтинско-Несветаевская синклиналь) и других. На шахте "Аютинская", по наблюдениям авторов, обрушение пород западного борта транспортного ходка уклона № 1 проявилось более чем на порядок интенсивнее, чем восточного. Имеется еще ряд таких наблюдений, однако подобные сведения, несмотря на свою безусловную ценность, являются интуитивными, недостаточно обоснованными и не могут служить надежной отправной точкой для использования в практических целях.

Анализ производственной деятельности ОАО "Ростовуголь" за 1998 год свидетельствует о том, что с обрушением пород связано до 40 % всех травм, а вывалы пород из кровли очистных забоев и зажим секций очистных комплексов, послужили причиной серьезного снижения объема добычи угля в лавах.

Работы по изучению динамики слоистого горного массива проводятся авторами на шахтах ОАО "Ростовуголь" с 1992 года. В числе других вопросов, исследовались и особенности его поведения в очистных забоях. С целью выявления причин неадекватного поведения горного массива в лавах, отрабатывающих один и тот же пласт в пределах одного уклона, но в разных направлениях, было рассмотрено поведение горного массива с учетом:

- действия веса вышележащей толщи;
- влияния кливажных трещин как в угольном пласте, так и вмещающих породах;
- воздействия тектонических сил субгоризонтального направления.

Проведенными исследованиями не были установлены причины, свидетельствующие о том, что вес вышележащей толщи может поразному влиять на состояние горного массива в призабойной части очистных забоев, движущихся в разных направлениях. Действие вектора нагрузки для них (забоев) одинаков, строение массива практически не различается. Дополнительные условия с данной позиции при этом не возникают. Отсутствуют какие-либо сведения об этом и у других авторов.

Кливажные трещины при разработке угольных пластов стали учитываться очень давно, когда уголь только-только начинали добывать. С началом применения отбойных молотков умелое использование особенностей расположения кливажных трещин позволяло значительно повышать производительность труда в очистном забое, который при изменении элементов залегания трещин, приходилось и разворачивать. Исследуя это направление, авторы проанализировали кливаж во вмещающих породах и основных пластах Восточного Донбасса, разрабатываемых шахтами ОАО "Ростовуголь" в Шахтинском, Новошахтинском и Шолоховском угольных районах. Элементы залегания систем трещин были тщательно проанализированы на механо-математическом факультете Ростовского государственного университета и в Вестминтерском университете Великобритании. Основной целью этих исследований были поиски закономерностей в системах кливажных трещин как угольных пластов, так и вмещающих пород, позволяющих найти ключ к механизму, обуславливающему неодинаковое поведение горного массива в призабойной части конкретных очистных забоев. Полученные результаты

свидетельствуют о том, что каждый пласт имеет свои системы кливажных трещин, отличающиеся от систем соседнего пласта. Разнятся также системы и на разных участках одного и того же пласта. Кливажные трещины в угольных пластах, за редким исключением, не совпадают с трещинами, образовавшимися во вмещающих породах (табл. 1).

Проведенный анализ дает основание сделать заключение о том, что в общем наборе систем кливажных трещин, развитых в пластах и вмещающих породах не просматривается какая-то закономерность, способная стать стержнем для формирования выводов, которые могут объяснить особенности поведения угольных пластов и вмещающих пород в очистных забоях на больших площадях.

Важную роль в формировании структурно-динамических характеристик угольных пластов и вмещающих пород играют тектонические силы субгоризонтального направления .

В настоящее время Донецкий бассейн переживает неотектонический период активизации тектонических процессов. Поле напряжений альпийского возраста, действо-

Таблица 1

Элементы залегания основных систем кливажных трещин в угольном пласте и вмещающих породах на некоторых шахтах ОАО "Ростовуголь"*

Шахта	Индекс пласта	Пласт, положение вмещающих пород	Азимут падения, °	Угол падения, °
им. Октябрьской революции	$К_5^{в}$	Кровля	230	70-80
			160-180	70-90
		Пласт	210-230	45-90
			140, 210	30-90
	$К_5^{н}$	Кровля	200-220	80-90
			75-85	70-90
		Пласт	205	40-70
			60-80	30-80
	$К_5^{1-в}$	Кровля	250-260	80-90
		Пласт	240-260	20-50
	$К_4^{2}$	Кровля	320 (аз. простирания)	90
Южная	i_2^{1}	Уклон 16 Кровля	210-230	35-80
			100-125	75-85
			320-350	70-85
		Пласт	220-230	42-45
			255-265	45-48
		Уклон 14 Пласт	280-290	85
			110	42,85
	$i_3^{н}$	Кровля	265	75
			0-10	70-80
		Пласт	90-110	75-86
			280	90
			130-140	45
Майская	i_2^{1}	Кровля	160-180	85
			70-90	80-85
		Пласт	90	80
			145	85
	$i_3^{н}$	Кровля	230-270	75-90
			10-340	75-90
		Пласт	105	85
			180	80-85
Юбилейная	$i_2^{1в}$	Кровля	25-30	65-75
		Пласт	85-90	80-85
	$i_3^{н}$	Кровля	25-40	70-85
		Пласт	85-90	80-85
им. Чиха	$i_3^{н-1}$	Кровля	290-360	85-90
			200-270	85-90
		Пласт	0-30	30-60
			260-280	45-70
Садкинская	m_8^{1}	Кровля	160-180	80-85
			60	80-85
		Пласт	160-180	80-85
			310-320	85
им. Ленина	$i_3^{в}$	Кровля	220-240	80-90
			90-115	70-90
		Пласт	245-270	70-88
			130-135	75-85
	$i_3^{н}$	Кровля	45-65	70-85
			210-250	70-85
		Пласт	100-105	70-80
			235-245	70-90
Шолоховская	i_2^{1}	Кровля	100	70-80
			20-30	65-75
		Пласт	Системы трещин нет	

*В таблице приведены только основные системы кливажа, на шахтах их насчитывается до 5-7

вавшее в массиве и раньше, характеризуется на региональном структурном уровне почти горизонтальным положением осей главных нормальных напряжений. Ориентация осей напряжений локального уровня и вид напряженного состояния изменяются от участка к участку закономерно, отражая положение в пространстве неоднородностей горного массива. Важнейшими из этих неоднородностей являются геологические поверхности - флексуры, складки, разрывы, контакты пород, зоны трещиноватости. Строение любого участка земной коры характеризуется, как правило, только ему присущими особенностями, что требует при детальном анализе обязательного учета наибольшего числа факторов.

Результаты геологического документирования, проводимого авторами на шахтах "Аютинская", "Южная", "Краснодонецкая", "Синегорская", "Шолоховская" ОАО «Ростовуголь» свидетельствуют о том, что действие горизонтальных тектонических сил регионального масштаба имеет общее субмеридиональное и северо-северо-западное (ССЗ) направления и на отмеченных шахтах, несмотря на то, что отрабатываемые ими пласты расположены в разных изолированных и удаленных друг от друга синклиналях, отличаются незначительно - не более чем на 5-15°. Однако, на отдельных пластах в пределах одного и того же шахтного поля отмечены существенные изменения относительного направления действия силы, вплоть до противоположного.

Обобщение данных по отработанным лавам свидетельствует о том, что единого благоприятного направления отработки для данного региона не существует. Например, на шахте "Южная" пласт $i_3^{н}$ отрабатывается в более

Таблица 2

Оценка эффективности работы лав по разным направлениям

Номера лав	**Типы применяемого оборудования**	**Объем горной массы, $м^3$/год**	**Направление ведения очистных работ, °**	**Относительная добыча, средняя по направлениям, %**	**Отклонение к направлению отработки от предлагаемого (170°), °**
Бортовые лавы №					
3	1М87 УМС, УСВ-2	191 250	195		
4	1КМС	226 440	___"___		
6	1М87УМС, УСВ-2	206 550	___"___		
8	___"___	194 480	___"___		
10	___"___	189 720	___"___		
12	___"___	220 320	___"___		
Всего:		1 228 760			
в среднем:		204 793	195	100	25
1507	ТСУ 5, ОКУ 05,	80 042	285		
1509	СО-75	74 376	___"___		
1511	___"___	166 421	___"___		
1513	___"___	107 716	___"___		
1515	___"___	164 400	___"___		
1517	___"___	89 666	___"___		
1519	___"___	92 680	___"___		
1521	___"___	83 296	___"___		
Всего:		1 287 152			
в среднем:		107 325	285	52,4	115
1514	ГСУ 5, ОКУ 05, СО-75	109 746	105-117		
1520	___"___	125 960			
Всего:		1 287 152			
в среднем:		107 325	105-117	57,5	65-53
1522	1М87 УМС УСВ-2	109 478	110-120		
1524	___"___	118 188	___"___		
1526	___"___	178 220	___"___		
1528	___"___	146 395	___"___		
1530	___"___	148 941	___"___		
1532	1М88 УМС УСВ-2	117 116	___"___		
Всего:		818 336			
в среднем:		136 389	105-117	66,6	65-53
202	1М88 УМС УСВ-2	81 400	300		130
204	___"___	143 400	___"___		___"___
Всего:		224 800			
в среднем:		112 400	300	54,9	130

благоприятных условиях в общем восточном направлении, а пласт i_2^1 в западном.

В условиях слоистой толщи при общем движении горного массива в одном направлении внутри могут происходить встречные (противоположные) относительные подвижки слагающих его пород и угольных пластов (рис. 1.), т.е. в кровле одного пласта породы относительно могут смещаться в одном направлении, а в соседнем - в прямо противоположном. Зависит это от разной степени торможения отдельных слоев, неодинаковой величины трения на их контактах и др.

Различие в поведении горного массива у очистного забоя разных лав можно объяснить тем, что в одном случае подвигание механизированных комплексов под породы кровли происходит в согласии с естественными процессами и не входит в значительное противоречие со сложившейся геомеханикой горного массива, в другом же случае эти противоречия (разногласия с естественными процессами) серьезные.

Рассмотренная в данной работе роль тектонических сил в особенностях поведения горного массива при отработке угольных пластов (что, по-видимому, справедливо и для пластовых месторождений других полезных ископаемых) ранее не изучалась. Однако, если исходить из того, что только изменение направления отработки угольных пластов способно без каких-либо затрат более чем на 15 % поднять производительность лав и существенно снизить травматизм от обрушения угля и породы, однозначно можно утверждать, что в изучении затронутых вопросов необходимо и должны быть предприняты в этом направлении самые решительные усилия. Разумеется, что перекраивать существующие схемы отработки действующих шахт нет никакой необходимости, но можно с новых позиций нарезать фланговые участки и нужно детально изучить рассмотренные закономерности на перспективных угольных месторождениях с целью разработки рекомендаций, необходимых для нарезки полей на новых и развивающихся шахтах.

В качестве примера рассмотрим шахту "Южная" ОАО "Ростовуголь", на которой была проанализирована эффективность отработки запасов угля расположенных на северном фланге шахтного поля [2]. Шахта "Южная" ОАО "Ростовуголь" сдана в эксплуатацию в 1950 году с проектной мощностью 1200 тыс. т в год. Шахта разрабатывает пласты i_2^1 (средняя геологическая мощность 1,53 м) и $i_3^н$ (средняя геологическая мощность 1,6 м) - опасный по горным ударам и i_2^1 (средняя геологическая мощность 1,4 м) (средняя геологическая мощность 1,4 м). Естественные тектонические силы на пласте $i_3^н$ благоприятную обстановку будут создавать на горном отводе шахты «Южная» при ведении очистных работ по азимуту 170°.

При расчетах эффективности работы лав рассматриваемой шахты «Южная» на пласте $i_3^н$ по различным направлениям с 1979 по 1993 год учитывался объем добычи горной массы за полный год, тип применяемого оборудования, направление ведения очистных работ (табл. 2). В расчетах принимались только годы, выемка угля в которые производилась в течение полного срока – с января по декабрь (табл. 2).

Как видно из приведенных в табл. 2 данных, эффективность работы лав, отрабатывающих угольный пласт по азимуту 195° (близкому к предлагаемому - 170°), на 33,4-44,9% выше, чем эффективность работы лав, ведущих отработку по другим направлениям. И она существенно выше, чем средняя по шахтам ОАО «Ростовуголь». Очевиден и тот факт, что четные лавы 15 уклона, имеющие азимут отработки пласта 110-120° так же эффективнее, чем остальные на 12-14 %.

Предлагается, при проектировании на угольных шахтах очистных работ, в обязательном порядке учитывать геодинамические особенности горного массива, особенно на контакте угольного пласта и вмещающих пород и согласовывать направление движения очистных забоев с направлением действия горизонтальных тектонических сил.

В условиях быстрого развития угольной промышленности, происходящего на фоне очевидного снижения уровня подготовки шахтера, предлагаемый способ повышения эффективности добычи угля и снижения травматизма связанного с обрушением пород в очистных забоях, практически не подверженный влиянию человека, весьма актуален.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кузьмин Д.В.. Прокопенко А.И., Овцов С.А.* Анализ деформированности угленосных отложений в пределах шахтных полей юго-западного Донбасса. – В ст.: Экспериментальная тектоника и полевая тектонофизика. – Киев: Наукова Думка. 1991. – С. 186-190.

2. *Леонов А.А., Чефранов И.В.* Использование эффекта вектора пограничного смещения для улучшения технико-экономических показателей угледобывающего предприятия. Ж-л Уголь № 12, 2001, с. 16-17.

Коротко об авторах

Бондарев П.М. – кандидат физико-математических наук, Виндзорский университет, Лондон, Великобритания.

Бондарев М.П. – Северо-Кавказское представительство ВНИМИ, Шахты, Ростовская обл., Россия, кандидат геолого-минералогических наук.

© В.В. Демьянов, С.М. Простов, О.В. Демьянова, 2005

УДК

В.В. Демьянов, С.М. Простов, О.В. Демьянова

Электролюминесцентные устройства *В СИСТЕМАХ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О СОСТОЯНИИ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД*

Семинар №2

© А.А. Панжин, 2005

УДК 622.83:551.242

А.А. Панжин

РОЛЬ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ СДВИЖЕНИЯ НА РУДНИКАХ ВЫСОКОГОРСКОГО ГОКА

Семинар №1

(Работа выполнена при поддержке РФФИ и Совета по грантам Президента РФ)

Развитие процесса сдвижения, вызванного влиянием подземных горных разработок, на каждом месторождении полезных ископаемых имеет свои особенности, обусловленные конкретными горно-геологическими условиями. На месторождениях Высокогорского ГОКа четко прослеживается дискретный характер деформирования подработанного породного массива, который обусловлен его иерархически блочным строением. Реальный блочный массив скальных пород деформируется весьма неравномерно, при этом значительная часть деформаций реализуется на границах структурных блоков, образуемых трещиноватостью различных уровней. Величины деформаций на участках их расположения в несколько раз превосходят уровень деформаций в самих структурных блоках. Также существенную роль на развитие процесса сдвижения оказывает геодинамическая активность многочисленных дизъюнктивных тектонических нарушений различных рангов, обуславливающих структуру месторождений Высокогорского ГОКа и создающих в массиве поверхности ослабления, по которым реализуются деформации как естественной, так и техногенной природы.

В Тагильском железорудном районе горные работы ведутся Высокогорским ГОКом уже более 270 лет на Высокогорском, Естюнинском и Лебяжинском месторождениях. За этот пери-

од времени горные работы достигли глубины 750 метров и ведутся в черте города Нижний Тагил. За это время карьерами и шахтами на западной окраине города уже вынуто карьерами и шахтами более 250 млн.м^3 горной массы, и предстоит вынуть более 200 млн.м^3 горной массы. На всех указанных месторождениях выемка рудных тел сопровождается активизацией геодинамических событий, которая накладывается на естественную активность тектонических нарушений.

В строении месторождений Высокогорского ГОКа большая роль принадлежит тектоническим разрывным нарушениям. Все крупные разломы месторождения долгоживущие, глубокого заложения (рис 1). Основными из нарушений являются региональный Туринский разлом субвертикального падения мощностью от 5 до 200 м, который подсекает восточный фланг Лебяжинского месторождения и Тимано-Кокчетавская тектоническая зона с оперяющими ее мощными дизъюнктивными нарушениями, вскрывающая северо-восточный фланг Естюнинского месторождения. Также крупным и хорошо изученным является разлом Главный, имеющий северо-восточное простирание и прослеживающийся через Высокогорское и Лебяжинское месторождения. Разлом Главный оперен тектоническими дизъюнктивными нарушениями более низкого ранга «Средний» и «Диагональный», также широко проявляются пострудные нарушения более низких порядков, которые создают мелкоблоковую структуру рудных участков месторождений.

Достаточно интересными являются и усредненные геомеханические характеристики массива горных пород, так предел прочности пород на сжатие составляет от 250 до 400 МПа, а величины первоначальных напряжений на глубинах около 400 метров достигают 80-140 МПа. Наибольшие тектонические напряжения действуют по азимуту 120-155º, а простирание Тимано-Кокчетавской разломной зоны имеет азимут простирания 145º, что создает благоприятные условия для образования скола по этой зоне. При смещении горных пород на выработанное пространство, обусловленного выемкой полезного ископаемого, происходит разгрузка статических напряжений в направлении плоскости Тимано-Кокчетавской тектонической зоны. Это сопровождается геомеханическими и геодинамическими явлениями, имеющими место на месторождениях Высокогорского ГОКа [1].

Рис. 1. План техногенных объектов и тектонических нарушений г.Нижний Тагил:

1 – Высокогорское месторождение: 2 – Лебяжинский рудник; 3 – Естюнинская шахта; 4 – Гальяновский карьер; 5 – шлаковые отвалы; 6 – Тимано-Кокчетавская тектоническая зона; 7 – Турьинский разлом; 8 – Главный разлом

Таким образом, исходя из структурно-геологического строения Тагильского района и геомеханических характеристик массива горных пород, можно предположить, что основная роль в формировании вторичного напряженно-деформированного состояния принадлежит техногенным процессам – выемке полезных ископаемых из недр, накладывающейся на естественную геодинамическую активность крупных тектонических нарушений. Однако инструментальные маркшейдерские данные о развитии процесса сдвижения на рудниках Высокогорского ГОКа свидетельствуют о том, что в реальности деформационные процессы протекают по другому сценарию. Основой для подобных выводов послужили результаты многолетних наблюдений за развитием процесса сдвижения, проводимых Институтом Горного дела УрО РАН на основных месторождениях Высокогорского ГОКа.

Инструментальными наблюдениями, как традиционными в соответствии с требованиями [2], так и пионерных с использованием комплексов спутниковой геодезии GPS [3], был охвачен породный массив на двух масштабных уровнях. На Высокогорском, Естюнинском и Лебяжинском месторождениях для наблюдений за развитием процесса сдвижения, в пределах предполагаемой мульды, заложены наблюдательные станции [2], по которым ежегодно проводятся инструментальные наблюдения с применением традиционной методики, а также определяются полные пространственные вектора смещений реперов методами спутниковой геодезии GPS. Кроме того, в западной части г. Нижний Тагил оборудована специальная наблюдательная станция, которая охватывает ежеквартальными GPS измерениями все крупные тектонические нарушения указанного района (см. рис. 1).

Результаты традиционных маркшейдерских наблюдений по профильным линиям наблюдательных станций свидетельствуют, что развитие процесса сдвижения на всех месторождениях Высокогорского ГОКа происходит по похожему сценарию и без формирования ярко выраженной мульды сдвижения в ее классическом виде. При этом четко прослеживается дискретный характер деформирования массива, проявляющийся в том, что породные блоки, линейные размеры которых составляют от нескольких десятков метров, при подработке деформируются достаточно слабо (суммарные деформации $0.1 – 0.5 \cdot 10^{-3}$), а основные деформации ($1 – 5 \cdot 10^{-3}$), приходятся на межблоковые границы, которые представляют собой дизъюнктивные нарушения – сместители невысокого порядка. Таким образом, при подработке породного массива, имеющего иерархически-блочное строение, происходит его переупаковка по поверхностям ослаблений. Ярким примером такого характера деформирования служит массив, слагающий висячий бок Высокогорского месторождения. Породный массив разбит дизъюнктивными нарушениями (сбросо-сдвигами) «Средний» и Диагональный» на три блока – северный, центральный и южный (рис. 2). Выходы нарушений на поверхность были уточнены геофизическими методами – электроразведкой и спектральной сейсморазведкой [4] и проконтролированы визуально, с западного борта зоны обрушения.

Рис. 2. Уточненные по результатам геофизической съемки дизъюнктивные нарушения в висячем боку Высокогорского месторождения

Инструментальные маркшейдерские наблюдения проводились по профильной линии, пересекающей указанные тектонические нарушения. Была проведена статистическая обработка данных о величинах горизонтальных и вертикальных деформаций интервалов за период 1993-2004 г.г. и построены графики распределения их суммарных величин по профильной линии (рис. 3). Обращает на себя внимание то факт, что значительные по величине деформации, как горизонтальные, так и вертикальные, из года в год концентрируются на одних и тех же интервалах профильной линии, соответствующих выходам тектонических нарушений «Средний» и «Диагональный» на земную поверхность. Во внутриблоковых же частях массива величины суммарных деформаций незначительные, что подтверждает тезис о дискретном характере деформирования. При анализе величин полных векторов сдвижения, измеренных с применением комплексов спутниковой геодезии GPS, было установлено, что каждому породному блоку, слагающему исследуемый массив, присущ собственный характер трендовых движений. Таким образом, хотя направленность движения всех трех блоков достаточно близка, и они достаточно согласованно перемещаются в юго-западном направлении, но у южного блока проявляется большая тенденция отклонения к югу, обуславливающая его отход от северного и центрального блоков. Также имеются существенные различия в скоростях движения породных блоков. Если северный блок движется в сторону зоны обрушения со скоростью около 100-140 мм/год, то центральный геоблок движется со скоростью 200-350 мм/год. В результате этого отклонения на контакте блоков по нарушению «Средний» происходит снижение нормальных напряжений и раскрытие тектонического нарушения «Средний», фиксируемое даже визуально, особенно в подземных условиях. Как следствие, снижается устойчивость на контакте, что проявляется в распределении величин суммарных деформаций (рис. 3).

Рис. 3. Суммарные деформации по профильной линии, пересекающей дизъюнктивные нарушения «Средний» и «Диагональный»

Рассмотренный случай дискретного деформирования породного массива по поверхностям ослабления, представленным локальными дизъюнктивными нарушениями, залегающими вкрест простирания рудных тел не представляет достаточно серьезной опасности для сохранности объектов, расположенных на земной поверхности, и ведения горных работ. Как показывает практика, достаточно серьезные последствия имеют случаи, когда происходит соскальзывание породного блока по дизъюнктивному нарушению, залегающему по простиранию рудного тела с падением в сторону выработанного пространства. В этом случае, потерявший устойчивость подработанный струк-

турный блок, по поверхности ослабления смещается в сторону зоны обрушения. В случае, если угол падения дизъюнктивного нарушения меньше граничных углов сдвижения, зона концентрации критических деформаций может не совпасть с расчетными границами целика на земной поверхности, и как следствие, произойти разрушение охраняемого объекта. Примером подобной ситуации может служить деформирование породного массива на промплощадке шахты «Эксплуатационная» Лебяжинского месторождения (рис. 4). В данном случае слабый учет роли тектонического нарушения, проходящего по территории промплощадки шахты, привел к тому, что произошло соскальзывание подработанного породного блока по поверхности структурного ослабления. Фактическая зона критических деформаций для объектов II категории охраны в данном случае не совпала с расчетной и произошло частичное разрушения здания быткомбината и механической мастерской. Проведенные на участке изыскания геофизическими методами подтвердили наличие дизъюнктивного нарушения с падением в сторону выработанного пространства под углом, значительно меньшим граничного угла сдвижения, по которому были отстроены границы целика для охраны объектов промплощадки от влияния подземных разработок. По результатам инструментальных маркшейдерских наблюдений было установлено, что аномальная зона критических деформаций является именно результатом отрыва и скольжения подработанного породного блока относительно массива, слагающего территорию промплощадки шахты, а не просчетами в определении граничного угла сдвижения и построении целика под охраняемыми объектами.

Рис. 4. Соскальзывание породного блока по дизъюнктивному нарушению, залегающему по простиранию рудного тела

В связи с эти следует отметить, что роль тектонических нарушений в процессе сдвижения на рудниках Высокогорского ГОКа не ограничивается только негативным влиянием. В ряде случаев подвижки, происходящие по поверхностям ослабления, наоборот, разряжают негативную геомеханическую обстановку на месторождении, что имело место на Естюнинском месторождении. Основной особенностью данного месторождения является наличие в висячем боку крепких вмещающих пород, предел прочности которых на сжатие достигает до 400 МПа, что привело в результате разработки месторождения к образованию породной консоли длиной 400-650 м, нависающей над практически незаполненным обрушенными породами выработанным пространством [5]. Внезапный пролом консоли в результате ее дальнейшей подрезки мог привести к горно-тектоническому удару с энергией до 10^{12} Дж и последующему за ним мощному воздушному удару. Однако вследствие того, что в период 2001-2004 гг. активизировались трендовые подвижки по дизъюнктивным тектоническим нарушениям, оперяющим Тимано-Кокчетавскую разломную зону, началось постепенное разрушение породной консоли (рис. 5). Данные подвижки фиксировались инструментальными маркшейдерскими наблюдениями по профильным линиям, заложенным в пределах геологических разрезов 10-12. Ежегодные наблюдения проводились с применением традиционной методики, также определялись полные пространственные вектора смещений реперов методами спутниковой геодезии GPS. В результате было установлено, что начиная с 2001 г., началось разрушение зависшей породной консоли по серии дизъюнктивных нарушений, оперяющих Тимано-Кокчетавскую разломную зону. В данном случае тектоническое нарушение, разрезающее породную консоль, сложенную крепкими породами, сыграло роль поверхности ослабления, по которой произошла активация деформационных процессов, разряжающих сложную геодинамическую обстановку на Естюнинском месторождении. В настоящее время на данном участке процесс сдвижения развивается в виде «языка», вытянутого в субмеридиональном направлении вдоль дизъюнктивного нарушения, который создает своеобразную отрезную щель, на которую происходит сдвижение массива, слагающего фланги породных блоков. Благодаря этим процессам в южной части исследуемого участка уже начала формироваться мульда сдвижения в ее классическом виде с выраженной зоной трещин и зоной плавных деформаций, и заполнение породой выработанного подземного пространства.

Рис. 5. Развитие процесса разрушения зависшей породной консоли по дизъюнктивным нарушениям

Также важным вопросом является вопрос о роли геодинамической активности дизъюнктивных тектонических нарушений различных рангов, обуславливающих структуру основных месторождений Высокогорского ГОКа, на развитие деформационных процессов, сопровождающих их отработку. И если механизм влияния дизъюнктивных нарушений невысокого ранга на развитие процесса сдвижения уже в достаточной степени изучен, то степень геодинамической активности крупных тектонических структур Тагильского района и их роль в формировании вторичного напряженно-деформированного состояния породного массива до недавнего времени серьезно не исследовались. Для восполнения данного пробела в 2003 г. в западной части г. Нижний Тагил была оборудована специальная наблюдательная станция, которая охватывает измерениями две крупные тектонические структуры района – Тимано-Кокчетавскую разломную зону и разлом Главный. Измерения на реперах данной наблюдательной станции в 2003-2004 г.г. производились ежеквартально с применением технологий спутниковой геодезии GPS. Полученные величины смещений на базах измерений 1800-6000 м, характеризующие геодинамическую активность крупных тектонических нарушений, сравнивались с величинами смещений, измеренных на локальных дизъюнктивных нарушениях. В результате сопоставления величин смещений и деформаций было установлено, что основная роль в формировании кратковременной геодинамической обстановки принадлежит локальным дизъюнктивным нарушениям, величины смещений и деформаций по которым как минимум на порядок превосходят аналогичные величины, измеренные на крупных тектонических нарушениях. Так, если в районах локальных тектонических нарушений величины смещений в горизонтальной плоскости достигают 200-350 мм/год, то аналогичные смещения по крупным тектоническим нарушениям за тот же период не превышают 30 мм/год. С другой стороны, крупные тектонические нарушения района могут играть роль своеобразных коллекторов, накапливающих энергетику как естественной тектонической, так и техногенной природы. Как уже отмечалось выше, при смещении породного массива на выработанное пространство происходит разгрузка статических напряжений на плоскости крупных тектонических нарушений, что может сопровождаться мощными геодинамическими явлениями. Поскольку процесс накопления энергии в крупных тектонических нарушениях долговременный, а механизм ее реализации еще до конца не раскрыт, вопрос о роли крупных тектонических нарушений в формировании геодинамической обстановки Тагильского района остается открытым.

Таким образом, для условиях месторождений Высокогорского ГОКа существенная роль в развитии процесса сдвижения принадлежит геодинамической активности локальных тектонических нарушений, что определяется геомеханическими характеристиками массива горных пород. Крепкие вмещающие породы, высокие величины тектонических нарушений и мелкоблоковая структура рудных участков и вмещающих пород месторождений приводят к дискретному характеру деформирования подработанного массива с реализацией деформаций по поверхностям структурных ослаблений, роль которых выполняют тектонические нарушения невысокого ранга, широко проявляющиеся на всех основных месторождениях. В месте с тем, нельзя утверждать, что роль тектонических нарушений в процессе сдвижения на рудниках Высокогорского ГОКа раскрыта полностью и уточнение характера взаимодействия тектонических нарушений различного ранга с породным массивом будет производится по мере накопления фактического материала о деформационных процессах как естественной, так и техногенной природы, проистекающих в исследуемом районе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зубков А.В., Сашурин А.Д. Опасное развитие геодинамической обстановки в г. Нижний Тагил, причины, последствия и возможные мероприятия по ее смягчению // Материалы международной конференции "Горное дело - 2000". Промышленная безопасность и эффективность новых технологий в горном деле. – М.: МГГУ, 2001.

2. Инструкция по наблюдениям за сдвижением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений: Утв. Госгортехнадзором СССР 03.07.86. –М: Недра. - 1988.

3. Панжин А.А. Организация мониторинга геодинамической обстановки в г. Нижний Тагил методами спутниковой геодезии //Геодинамика и геологические изменения в окружающей среде северных регионов: Материалы конференции с международным участием: Т. II. Архангельск: Институт экологических проблем севера УрО РАН, 2004.

4. Гликман А.Г. Физика и практика спектральной сейсморазведки. Электронная книга. http://newgeophys.spb.ru/ru/book/

5. Зубков А.В. Геомеханика и геотехнология. –Екатеринбург: УрО РАН, 2001.

Об авторе: Панжин Андрей Алексеевич – старший научный сотрудник
Институт горного дела (ИГД) УрО РАН, Екатеринбург
e-mail: panzhin@igd.uran.ru web: http://geomech.da.ru

Коротко об авторах

Дем– прь лицея.

© В.В. Демьянов, С.М. Простов, О.В. Демьянова, 2005

УДК

В.В. Демьянов, С.М. Простов, О.В. Демьянова

Электролюминесцентные устройства ***В СИСТЕМАХ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О СОСТОЯНИИ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД***

Семинар №2

УДК 622.1:528.481/.482

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА ПРОЦЕССА СДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ЗАТОПЛЕНИЯ СВИТЫ ОТРАБОТАННЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ В УСЛОВИЯХ ВОСТОЧНОГО ДОНБАССА

ремин С.А., Северо-Кавказское представительство ВНИМИ

Ефимов Д.А., Северо-Кавказское представительство ВНИМИ

Стеценко О.П., Северо-Кавказское представительство ВНИМИ

В соответствие «Инструкции о порядке ведения работ по ликвидации и консервации опасных производственных объектов, связанных с пользованием недрами» [1] проектом ликвидации шахты должны обеспечиваться наблюдения за состоянием горных выработок и их влиянием на окружающую среду (горно-экологический мониторинг).

Соответствующие теоретические исследования и практический опыт наблюдений за изменением напряженного состояния затапливаемого породного массива указывают на высокую вероятность проявления нежелательных геодинамических явлений, которые могут сопровождаться развитием опасных деформаций для зданий, сооружений и других объектов поверхности, включая быстротекущие во времени процессы – провалы, оседания, оползни.

Рабочим проектом мониторинга социально-экологических последствий ликвидации шахт Восточного Донбасса предусмотрено выполнение комплекса работ по ведению геодинамического мониторинга, включающих закладку специальных наблюдательных станций на горных отводах закрываемых угледобывающих предприятий, производству сопутствующих маркшейдерских работ, наблюдений и расчетов. Такие работы и инструментальные наблюдения на полях ликвидируемых шахт ведутся Северо-Кавказским представительством ВНИМИ по договорам с Центром социально-экологического мониторинга Восточного Донбасса (г. Шахты).

Наблюдательные станции подобного типа относятся к специальным и служат для наблюдений за процессом сдвижения земной поверхности при затоплении значительных площадей и объемов горных выработок. Этот процесс на сегодняшний день изучен крайне слабо, как отечественной, так и мировой наукой. В условиях же Восточного Донбасса, когда в ходе реструктуризации нерентабельных предприятий возникли беспрецедентные масштабы ликвидации и затопления шахт проблема оценки состояния подработанного массива выходит на передний план и требует детальной научной проработки.

Требования к выбору конструкций наблюдательных станций для исследования процесса сдвижения земной поверхности, необходимая точность, состав технических средств, методика и периодичность наблюдений регламентируются разработанной ВНИМИ «Инструкцией по наблюдению за сдвижением горных пород, земной поверхности и подрабатываемыми сооружениями на угольных и сланцевых месторождениях» [2], утвержденной и согласованной с Госгортехнадзором СССР 5.03.1987 г.

В период 2002-2004 г. в рамках геодинамического мониторинга в Шахтинском, Новошахтинском, Гуковском и Шолоховском углепромышленных районах Восточного Донбасса заложено 8 специальных маркшейдерских наблюдательных станций. Первые результаты наблюдений по некоторым из них привлекли внимание специалистов и требуют детального анализа

В качестве примера рассмотрим результаты наблюдений по станции, расположенной в центральной части г. Шахты (проспект Чернокозова), профильная линия которой пересекает горные отводы ликвидируемых шахт имени Л.Б. Красина, «Нежданная» и «Южная», последняя гидравлически связана с ликвидируемой и затапливаемой шахтой «Майская» ОАО «Ростовуголь» (рис.1).

Рисунок 1 – Схема шахтных полей с профильной линией специальной наблюдательной станции

По условиям финансирования наблюдательная станция была заложена в октябре 2002 года, когда горные выработки шахт им. Красина и «Нежданная» по пластам $k_2^н$ и $k_2^{1в}$, объединенные в единый гидрогеологический комплекс, были затоплены практически полностью (до отметки +25 м), а затопление горных выработок шахты «Южная» началось с февраля 2002 г. и уровень его на тот период достиг отметки -570 м. Станция состоит из одной профильной линии и ориентирована по падению пластов, что по замыслу авторов проекта [3] могло дать возможность в процессе затопления горных выработок шахты «Южная» наблюдать динамику вероятного процесса сдвижения и возникновения деформаций земной поверхности.

Участок расположения наблюдательной станции подработан горными выработками по двум свитам пластов – несветаевской (пласты $k_2^н$ и $k_2^{1в}$) и степановской (пласты i_2^1 и $i_3^н$). Причем, в начале профильной линии глубина подработки горными выработками шахты «Южная» достигает 850 м (лава № 1530 по пласту $i_3^н$), а на конечном участке уменьшается до 580 м (лава № 1512 по пласту $i_3^н$). Минимальная глубина подработки поверхности горными выработками шахты «Нежданная» по пласту $k_2^{1в}$ составляет 135 м. Общая вынутая мощность пластов в районе заложения наблюдательной станции – около 3,5 м (рис.2). На схематическом разрезе нанесены уровни затопления шахт на декабрь 2004 г.

Рисунок 2 – Схематический разрез участка расположения наблюдательной станции

Гидрогеологическая ситуация в техногенном горизонте шахты «Южная» осложнена из-за вынужденного перепуска в него по специально пройденным скважинам больших объемов подземных вод из вышележащих выработок шахт им. Красина и «Нежданная». Перепуск будет осуществляться до ввода в действие комплекса по приему и очистке вод последних двух шахт (ориентировочно конец 1 квартала 2005 г.).

Опорные реперы станции RpI-RpIII расположены за пределами горных работ. Среднее расстояние между рабочими реперами около 30 м, количество рабочих реперов – 74 шт. Общая длина профильной линии наблюдательной станции 2270 м. Конструкция и способ закладки реперов – стандартные по типу грунтового репера (рис.3). Инструментальные наблюдения выполняются с применением электронных тахеометров TCR 705 и TC 307 (для угловых и линейных измерений), нивелиров H05 и DSZ3 (для определения превышений между реперами). Циклы наблюдений повторяются через 3 месяца.

Всего, от момента закладки станции в октябре 2002 года, выполнено 8 полных циклов наблюдений, что по времени составляет 2 календарных года. В таблице 1 приведены максимальные показатели основных параметров процесса сдвижения, определенные из инструментальных наблюдений.

На этом этапе затопления техногенного комплекса шахт «Южная» и «Майская» приведенные показатели выявленного процесса сдвижения не представляют опасности практически для всех объектов поверхности, за исключением некоторых видов технологического оборудования и сетей, требующих особых конструктивных мер защиты от вредного влияния подработки. Вместе с тем, до полного затопления выработок комплекса прогнозируется достаточно длительный период времени и накапливающиеся напряжения могут стать причиной различной по интенсивности реакции массива.

Детальный анализ данных наблюдений (полученных величин подъема, оседаний и деформаций) с сопоставлением подъема уровня затопления горных выработок шахты «Южная» показал, что конструкция наблюдательной станции, методика и технические средства наблюдений выбраны правильно и позволяют фиксировать проявление геодинамических процессов на земной поверхности при затоплении выработанного пространства. Грунтовый массив может, в зависимости от сезонно-

климатических условий или под антропогенным воздействием, испытывать определенные колебания различной направленности. Двухгодичный цикл проведенных измерений свел к минимуму эту составляющую. Для надежного исключения влияний грунтового массива целесообразно устройство опорных глубинных реперов на породы карбона, что, в свое время, по условиям финансирования выполнено не было.

В то же время, отмечается различная интенсивность изменения поднятия поверхности на конечных участках наблюдательной станции, что, вероятно, объясняется именно глубиной подработки. Ниже глубины 500 м располагается зона минимального раскрытия трещин. Коэффициент фильтрации пород в этой зоне не превышает 0,001 м/сут и восстановление статических и упругих запасов подземных вод, сдренированных за период эксплуатации шахты, идет достаточно медленно. Напротив, с уменьшением глубины фильтрационные свойства массива увеличиваются (выше глубины 500 м коэффициент фильтрации может превышать 0,01 м/сут) и восстановление запасов подземных вод идет быстрее. Этому процессу соответствует более выраженное увеличение порового пространства пород и раскрытие трещин, что и приводит к различному по интенсивности поднятию массива на граничных участках. В результате, по мере подъема уровня затопления, в подработанном массиве происходит перераспределение напряжений, возникают дополнительные макро и микроизменения геомеханических (прочностных), фильтрационных и других свойств горных пород. Как следствие, вполне вероятна их концентрация на каком-либо участке с последующей разрядкой и труднопрогнозируемыми последствиями для поверхностной и подземной инфраструктуры района.

Необходимо напомнить, что измерения на наблюдательной станции были начаты после начала затопления шахты «Южная» и практически закончившегося затопления горных выработок шахт им. Красина и «Нежданная», поэтому в полной мере проследить изменение состояния земной поверхности от начала процесса затопления не удалось. Нельзя исключать возможное негативное влияние на состояние подработанного массива подвижек структурообразующих тектонических блоков, вызванных затоплением около 100 млн. куб. м горных выработок шахт, расположенных в Шахтинско-Несветаевской синклинали – одной из крупнейших тектонических структур Донбасса [4]. Кроме того, нет сведений о характере процесса сдвижения при затоплении зоны активного водообмена горного массива от глубин порядка нескольких десятков метров до поверхности.

В настоящее время продолжается перепуск воды с шахт «Красина» и «Нежданная» в горные выработки шахты «Южная». Перераспределение таких объемов воды может в какие-то периоды времени активизировать геомеханические процессы с проявлением их на дневной поверхности в виде техногенных сейсмических событий. Такие явления силой до 3-4 баллов были отмечены в конце октября 2003 г. жителями города Шахты, проживающими по улицам Садовая, Ионова, Советская, Ленина, поэтому наблюдения на станции необходимо продолжать в течение всего срока затопления гидравлически связанных шахт «Южная»-«Майская». Для получения полностью объективных результатов наблюдений целесообразно, после тщательного исследования грунтовых условий, рекомендовать заложить три-пять глубинных реперов равномерно по трассе станции на полускальные или скальные породы карбона.

Решение о прекращении наблюдений на специальной наблюдательной станции может быть принято только с учетом результатов, полученных ко времени выхода шахтных вод на поверхность и после полной стабилизации состояния породного массива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Список литературы.

1. Инструкция о порядке ведения работ по ликвидации и консервации опасных производственных объектов, связанных с пользованием недрами.- М, 1999

2. Инструкция по наблюдению за сдвижением горных пород, земной поверхности и подрабатываемыми сооружениями на угольных и сланцевых месторождениях.-М: «Недра», 1989

3. Проект специальной наблюдательной станции в Шахтинском угольном районе.-Шахты: СКП ВНИМИ, 2002

4. *Шабаров А.Н.* Научные основы геологического обеспечения безопасной отработки пластовых месторождений в геодинамически опасных зонах.- С-Пб: ВНИМИ, 2004

Рисунок 3 - Конструкция репера наблюдательной станции

Таблица 1

Оседания η, мм	Наклоны $i \cdot 10^{-3}$	Кривизна, $K \cdot 10^{-3}$, 1/м	Горизонтальные сдвижения ξ, мм/м	Горизонтальные деформации $\varepsilon \cdot 10^{-3}$
-106	±2,45	0,136	±8	±0,8

Коротко об авторах

Дем– прь лицея.

© В.В. Демьянов, С.М. Простов, О.В. Демьянова, 2005

УДК

В.В. Демьянов, С.М. Простов, О.В. Демьянова

Электролюминесцентные устройства ***В СИСТЕМАХ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О СОСТОЯНИИ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД***

Семинар №2

УДК 622.834.1

ТРАНСФОРМИРОВАНИЕ ТИПОВЫХ КРИВЫХ ОСЕДАНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ПОЛНОЙ ПОДРАБОТКЕ В УСЛОВИЯХ ДОНБАССА

Ю. В. Посыльный, И. Л. Коваленко

Результаты анализа типовых кривых оседаний земной поверхности над горными выработками угольных шахт Донбасса в условиях полной подработки показывают, что

местоположение точек перегиба этих кривых изменяется в значительных пределах, однако, величина относительного оседания в точках перегиба остается практически постоянной. Это, по нашему мнению, указывает на то, что при выводе типовых кривых значительное влияние на форму кривых оказала погрешность определения граничной точки сдвижения Предлагается методика по исключению указанной погрешности.

При исследовании процесса сдвижения земной поверхности в условиях Донбасса были получены типовые распределения оседаний земной поверхности над горными выработками в зависимости от коэффициента подработанности *n*. Анализ этих кривых показывает, что при одном и том же коэффициенте подработанности они отличаются между собой. В качестве примера приведем в табл. 1 типовые кривые правил охраны 1998 г.($S_Z^{ПО}$) [1], А. Н. Медянцева (S_Z^M) [2] и И. Ф. Озерова (S_Z^O) [3]при коэффициенте подработанности $n \geq 1$, т.е. при полной подработке земной поверхности горной выработкой.

Данные табл. 1 представлены графически на рис. 1, на котором видно, что типовые кривые оседаний при одном и том же коэффициенте подработанности отличаются по форме. По нашему мнению, одной из главных причин такого различия является погрешность определения граничной точки сдвижения, так как при получении типовых кривых использовались данные измерений оседаний при полной подработке земной поверхности, и при определении граничной точки сдвижения в разное время были применены различные критерии.

Кривые оседаний математически выражаются следующими формулами:

– по правилам охраны $S_Z = e^{-3,6008z^4 - 2,2139z^3 - 0,7187z^2}$;

– по А. Н. Медянцеву $S_Z = e^{2,6536z^4 - 7,8545z^3 - 1,2741z^2}$;

– по И. Ф. Озерову $S_Z = e^{-5,6275z^4 + 3,418z^3 - 3,8824z^2}$.

Рис. 1. Типовые кривые оседаний для условий Донбасса при условии полной подработки:
1 – по правилам охраны 1998 г.; 2 – по А. Н. Медянцеву, 3 – по И. Ф Озерову.

Каждая типовая кривая характеризуется величинами абсцисс и ординат в точке перегиба. Определим абсциссы точек перегиба по типовым кривым наклонов, как первым производным от типовых кривых оседаний.

Выражения для типовых кривых наклонов имеют такой вид:

– по правилам охраны $S'_Z = S_Z\left(-14,4032z^3 - 6,6417z^2 - 1,4374z\right)$;

– по А. Н. Медянцеву $S'_Z = S_Z\left(10,6144z^3 - 23,5635z^2 - 2,5482z\right)$;

– по И. Ф. Озерову $S'_Z = S_Z\left(-22,51z^3 + 10,254z^2 - 7,7648z\right)$.

Построим типовые кривые наклонов (рис. 2) и графически определим по ним абсциссы максимальных значений ординат S'_Z. На рис. 2, 3, 4 видно, что при полной подработке абсциссы точек перегиба варьируют от 0,395 до 0,51,

т. е. в пределах 0,11 длины единичной полумульды. Найдем относительные оседания в точках перегиба. Они составляют 0,48 (правила охраны), 0,54 (А. Н. Медянцев) и 0,48 (И. Ф. Озеров). Размах варьирования составляет 0,06 от единичного оседания.

Анализ показывает, что при различных абсциссах точки перегиба относительные оседания в этой точке составляет практически половину от максимального оседания при довольно широком разбросе местоположения этих оседаний.

Приведенные выше типовые кривые оседаний при полной подработке можно трансформировать в единую типовую кривую при помощи координат виртуальной точки, появление которой обусловлено погрешностью определения граничной точки сдвижения [4].

Рис. 2. Типовые кривые наклонов:
а) по правилам охраны 1998 г.;
б) по А. Н. Медянцеву;
в) по И. Ф. Озерову

Процесс трансформирования включает следующие действия.

1. В точках деления z =0; 0,1…1,0 полумульды вычисляются ординаты средней типовой кривая оседаний S_Z^{cp} и погрешности этих средних ординат m_S (табл. 2).

Графическая интерпретация данных табл. 2 приведена на рис. 3.

Рис. 3. Определение координат виртуальной точки

2. Определяются абсцисса виртуальной точки $z_{вт}$ по величине максимальной погрешности усредненной типовой кривой

В нашем примере (см. рис. 3)

$z_{вт}$ = 0,44.

3. Находится ордината виртуальной точки $S_{Z_{вт}}^{cp}$.

В нашем примере (см. рис. 3).

$$S_{Z_{вт}}^{cp} = 0{,}53 .$$

4. На каждой из приведенных выше типовых кривых оседаний устанавливается новая граничная точка сдвижения следующим образом:

а) на ординате S_Z = 1,0 откладывается ордината виртуальной точки $S_{Z_{вт}}^{cp}$;

б) проводится горизонтальная линия до кривой оседания и устанавливается абсцисса z точки пересечения;

в) вычисляется длина L в единицах деления полумульды рассматриваемой кривой по формуле

$$L = \frac{z}{z_{вт}};$$

г) граничная точка определяется путем откладывания длины L от точки z =0.

Графические построения и вычисления представлены на рис. 4.

Рис. 4. Применение координат виртуальной точки при определении граничной точки сдвижения на типовых кривых:
а) правил охраны 1998 г.; б) А. Н. Медянцева; в) И. Ф. Озерова

5. В точках деления z = 0; 0,1…1,0 полумульд L вычисляются ординаты трансформированных кривых. Ординаты $Sz_{по}$, $Sz_{м}$, $Sz_{о}$ этих кривых приведены в табл. 3, в которой также вычислены ординаты S_Z усредненной кривой и погрешности их определения m_{Sz}.

Анализ типовых кривых $Sz_{по}$, $Sz_{м}$ и $Sz_{о}$ показывает, что кривые в точках перегиба отличаются разбросом величин абсцисс в пределах 0,04 единичной длины полумульды, а варьирование величин ординат остается постоянным и составляет 0,06 от единичного максимального оседания. При применении методики трансформирования разброс величин абсцисс точки перегиба сократился почти в 3 раза.

Распределения относительных оседаний S_Z и погрешностей m_{Sz} в полумульде сдвижения представлены на рис. 5.

Рис. 5. Погрешность трансформированной типовой кривой оседаний
при полной подработке земной поверхности в условиях Донбасса

Анализ табл. 2, рис. 3 и табл.3, рис. 5 показывает, что полученная нами типовая кривая характеризуется уменьшенной в 2 раза погрешностью. Эта кривая выражается следующей аналитической зависимостью

$$S_Z = e^{-0{,}7733z^4 - 3{,}3319z^3 - 1{,}6435z^2} .$$

Абсцисса точки перегиба составляет 0,45 и относительное оседание в этой точке равно 0,52.

Проведенные нами исследования аналитических выражений типовых кривых оседаний земной поверхности при полной подработке

позволяют сформулировать следующие выводы.

1. Применение в процессе трансформирования виртуальной точки мульды сдвижения позволяет привести типовые кривые, полученные в разные периоды исследований и при различных граничных критериях, к такой кривой, которая характеризуется уменьшенной в 2 раза погрешностью.

2. Использование более точной типовой кривой оседаний позволит получить с меньшей погрешностью типовые кривые наклонов, кривизны, горизонтальных сдвижений и относительных горизонтальных деформаций, как производных от типовой кривой оседаний.

3. При переходе от ожидаемых сдвижений и деформаций к расчетным через коэффициенты запаса, учитывающие погрешность типовых кривых, можно получить расчетные деформации, которые будут меньше по величине по сравнению с величинами, полученными традиционным методом, а отсюда меньше и расчетные показатели деформаций для подрабатываемых объектов и меньше затраты на конструктивные меры по их охране.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. – СПб., 1998. – 291 с.

2. Медянцев А. Н. Исследование сдвижения земной поверхности над горными выработками при разработке свит в Донбассе: Дисс. раб. на соис. уч. степ. докт. техн. наук: 05.15.01. – Защищена 26.12.72; Утв. 28.091979. – Новочеркасск, 1972. – 310 с.

3. Озеров И.Ф. Разработка методов расчета деформаций земной поверхности и охраны зданий при подземной добыче антрацитов Донбасса: Дис... канд. техн. наук: 05.15.01. – М., 1982. – 241с.

4. Посыльный Ю.В. Руководство по расчету параметров процесса сдвижения земной поверхности над горными выработками / Шахт. ин-т. Новочеркасск: ЮРГТУ, 2000. – 163 с. – ISBN 5 – 88998 – 126 – 9.

Таблица 1

Значения функций $S(z)$ при полной подработке земной поверхности

Пара метр	Точки деления полумульды сдвижения									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,
$S_Z^{ПО}$	1	0,99	0,95	0,86	0,71	0,5	0,29	0,14	0,05	0,
S_Z^{M}	1	0,98	0,896	0,74	0,525	0,315	0,161	0,071	0,026	0,
S_Z^{O}	1	0,96	0,87	0,74	0,58	0,41	0,25	0,12	0,05	0,

Таблица 2

Усредненная типовая кривая оседаний при полной подработке

Пара метр	Точки деления полумульды сдвижения									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	
S_Z^{cp}	1	0,978	0,906	0,780	0,605	0,408	0,233	0,112	0,041	
m_S	0	0,013	0,040	0,070	0,095	0,093	0,066	0,036	0,013	

Таблица 3

Трансформированные кривые относительных оседаний

z	$z_{по}$	$z_м$	$z_о$	$Sz_{по}$	$Sz_м$	$Sz_о$	S_Z	m_{Sz}
0	0	0	0	1,000	1,000	1,000	1,00	0
0,1	0,109	0,091	0,097	0,988	0,984	0,967	0,98	0,011
0,2	0,218	0,182	0,193	0,937	0,917	0,880	0,91	0,029
0,3	0,327	0,273	0,290	0,822	0,787	0,754	0,79	0,034
0,4	0,436	0,364	0,386	0,637	0,607	0,602	0,62	0,019
0,5	0,546	0,455	0,483	0,410	0,412	0,437	0,42	0,015
0,6	0,655	0,545	0,580	0,204	0,242	0,280	0,24	0,038
0,7	0,764	0,636	0,676	0,072	0,122	0,150	0,11	0,040
0,8	0,873	0,727	0,773	0,016	0,052	0,064	0,04	0,025
0,9	0,982	0,818	0,869	0,002	0,019	0,020	0,01	0,010
1	1,091	0,909	0,966	0,000	0,006	0,004	0,00	0,003
Абсциссы точек перегиба				0,47	0,43	0,47	0,45	–
Ординаты точки перегиба				0,48	0,54	0,49	0,52	–

Коротко об авторах

Дем– прь лицея.

© В.В. Демьянов, С.М. Простов, О.В. Демьянова, 2005

УДК

В.В. Демьянов, С.М. Простов, О.В. Демьянова

Электролюминесцентные устройства
В СИСТЕМАХ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О СОСТОЯНИИ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД

Семинар №2

УДК 622.1:622.83

ПРИМЕНЕНИЕ ТИПОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СДВИЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

А.В. Тетерин

Рекомендуется новый подход к определению ожидаемых, вероятных и расчетных деформаций для охраняемых объектов с использованием типовых поверхностей сдвижений и деформаций.

В процессе реструктуризации угольной промышленности происходит закрытие большинства горных предприятий и, как следствие, значительное сокращение маркшейдерской службы в угольных территориях. В этой связи становится актуальной задача рационального подхода к вопросам защиты подработанных и подрабатываемых объектов земной поверхности, которые решаются на основании расчета величин сдвижений и деформаций.

Правила охраны сооружений рекомендуют определять оседания земной поверхности в заданных точках мульды сдвижения следующим образом [1]:

$\eta_{xy} = \eta_m \cdot S(z_x) \cdot S(z_y)$,

где η_m – максимальное оседание земной поверхности;

$S(z_x)$ и $S(z_y)$ – типовое распределение оседаний по оси x (по простиранию пласта) и y (по падению, восстанию пласта) соответственно.

Назовем произведение $S(z_x) \cdot S(z_y) = F(z_{xy})$ типовой (топографической) поверхностью оседаний, тогда оседание в заданной точке равно (табл.1)

$\eta_{xy} = \eta_m \cdot F(z_{xy})$,

Поверхность $F(z_{xy})$ представлена на рис.1,*а* в изометрической проекции. На практике удобней пользоваться топоповерхностью, представленной в изолиниях (линии изооседаний, рис.1,*б*).

Рис.1. Топоповерхность оседаний: *а* – в изометрии; *б* – в изолиниях.

Наклоны в заданной точке мульды определяются по следующим формулам:

а) в направлении простирания

$$i_{xy} = \pm \frac{\eta_m}{Lx} \cdot S'(z_x) \cdot S(z_y) = \pm \frac{\eta_m}{Lx} \cdot F'(z_{xy})$$

;

б) вкрест простиранию

$$i_{yx} = \pm \frac{\eta_m}{Ly} \cdot F'(z_{yx}),$$

где $F'(z_{xy})$ и $F'(z_{yx})$ – типовые поверхности наклонов;

L – длина соответствующей полумульды; знак «+» соответствует наклонам по простиранию и в сторону падения, знак «–» – наклонам, обратным простиранию и в сторону восстания.

Значения топоповерхности наклонов представлены в табл. 2.

Поверхность $F'(z_{xy})$ представлена на рис.2.

Рис. 2. Типовая поверхность наклонов: *а* – в изометрии; *б* – в изолиниях.

Если требуется определить наклон в точке i_{xy}, то на типовом плане наклонов по оси 1 откладываем значение z_x, а по оси 2 – значение z_y. На пересечении этих координат находим путем интерполирования значение $F'(z_{xy})$.

Для нахождения i_{yx} по оси 1 откладываем значение z_y, а по оси 2 – z_x. На пересечении результат – $F'(z_{yx})$.

Кривизна в рассматриваемой точке определяется из выражений:

а) по направлению простирания пласта

$$K_{xy} = \frac{\eta_m}{L_3^2} \cdot F''(z_{xy});$$

б) по направлению вкрест простирания пласта

$$K_{yx} = \frac{\eta_m}{L_1^2} \cdot F''(z_{yx});$$

где $F''(z_{xy}) = S''(z_x) \cdot S(z_y)$ и $F''(z_{yx}) = S''(z_y) \cdot S(z_x)$ – типовые поверхности кривизны (табл.3, рис.3).

Рис.3. Топоповерхность кривизны: *а* – в изометрии; *б* – в изолиниях

Для определения величин кривизны оси 1 и 2 располагаются также как и при нахождении наклонов.

Горизонтальные сдвижения, при использовании поверхностей, вычисляются по формулам:

а) по направлению простирания угольного пласта

$\xi_{xy} = \pm 0{,}5 \cdot a_0 \cdot \eta_m \cdot F'(z_{xy}),$

где a_0 – относительное максимальное горизонтальное сдвижение;

б) в направлениях падения (знаки «+») и восстания (знаки «–»)

$\xi_{yx} = \pm 0{,}5 \cdot a_0 \cdot \eta_m \cdot [S'(z_y) \pm 2B \cdot S(z_y)] \cdot S(z_x)$

или, учитывая топоповерхности,

$\xi_{yx} = \pm 0{,}5 \cdot a_0 \cdot \eta_m \cdot [F'(z_{yx}) \pm 2B \cdot F(z_{yx})]$,

где B – коэффициент, вычисляется по формуле

$$B = \frac{1}{a_0} \cdot \left(tg\alpha - \frac{h + h_м}{H_{ср}} \right) \geq 0 ;$$

α – угол падения пласта, градусы;

h – мощность пород четвертичных отложений, м;

$h_м$ – мощность мезозойских отложений ($\alpha \leq 5°$), м;

$H_{ср}$ – средняя глубина разработки, м;

$F(z)$ и $F'(z)$ – топоповерхности оседаний (рис.2) и наклонов (рис.3).

Горизонтальные деформации в произвольной точке мульды сдвижения равны:

а) по простиранию

$$\varepsilon_{xy} = 0{,}5 a_0 \cdot \frac{\eta_m}{L_3} \cdot F''(z_{xy}) ;$$

б) в направлениях падения (+) и восстания пласта (–)

$$\varepsilon_{yx} = 0{,}5 a_0 \cdot \frac{\eta_m}{L_y} \cdot \left[F''(z_{yx}) \pm 2B \cdot F'(z_{yx}) \right]$$

.

Использование в расчетах типовых поверхностей (топоповерхностей) позволяет уменьшить трудоемкость расчета и более точно оценить влияние деформаций на подработанную территорию.

В формулах для вычисления сдвижений и деформаций с помощью типовых (топографических) поверхностей кроме типовых распределений фигурантами являются постоянные величины. Вместо них можно ввести коэффициент топоповерхности. В результате получаем упрощенные формулы и абсолютные значения сдвижений и деформаций

$i = A_i \cdot F'$, $K = A_K \cdot F'$,; $\xi_{xy} = A_\xi \cdot F$,; $\xi_{yx} = A_\xi \cdot F' + A'_\xi \cdot F$,

$\varepsilon_{xy} = A_\varepsilon \cdot F'$,; $\varepsilon_{yx} = A_\varepsilon \cdot F'' + A'_\varepsilon \cdot F'$,

где A_i , A_K , A_ξ , A_ε – условные коэффициенты наклонов, кривизны, горизонтальных сдвижений и горизонтальных деформаций, при этом $A'_\xi = 2B \cdot A_\xi$ и $A'_\varepsilon = 2B \cdot A_\varepsilon$.

Ожидаемые сдвижения и деформации определяются, как правило, для важнейших промышленных объектов, железных дорог, газовых и нефтепроводов, систем водоснабжения и водоотведения. В этой связи метод топоповерхностей заслуживает внимания, так как позволяет нанести подрабатываемые объекты непосредственно на абсолютную поверхность сдвижений и деформаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок на угольных месторождениях. –СПб., ВНИМИ, 1998. – 291с.

Таблица 1

Топоповерхность оседаний в условиях Шахтинского угольного района

y	Z	Z_x									
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
		$F_{(Z)}$										
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	1	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0

		959	844	683	508	347	218	126	067	032	
0,1	0,959	0,920	0,809	0,655	0,487	0,333	0,209	0,121	0,064	0,031	0
0,2	0,844	0,809	0,712	0,576	0,429	0,293	0,184	0,106	0,057	0,027	0
0,3	0,683	0,655	0,576	0,466	0,347	0,237	0,149	0,086	0,046	0,022	0
0,4	0,508	0,487	0,429	0,347	0,258	0,176	0,111	0,064	0,034	0,016	0

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0,5	0,347	0,333	0,293	0,237	0,176	0,120	0,076	0,044	0,023	0,011	0
0,6	0,218	0,209	0,184	0,149	0,111	0,076	0,048	0,027	0,015	0,007	0
0,7	0,126	0,121	0,106	0,086	0,064	0,044	0,027	0,016	0,008	0,004	0
0,8	0,067	0,064	0,057	0,046	0,034	0,023	0,015	0,008	0,004	0,002	0
0,9	0,032	0,031	0,027	0,022	0,016	0,011	0,007	0,004	0,002	0,001	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Таблица 2

Типовая поверхность наклонов в точках деления полумульд сдвижения

z_1	z_2										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	$F'_{(z)}$										
0	0	0,81	1,43	1,74	1,72	1,47	1,11	0,75	0,45	0,25	0
0,1	0	0,78	1,37	1,66	1,65	1,41	1,06	0,71	0,43	0,24	0
0,2	0	0,68	1,21	1,46	1,45	1,24	0,93	0,63	0,38	0,21	0
0,3	0	0,55	0,98	1,19	1,18	1,00	0,76	0,51	0,31	0,17	0
0,4	0	0,41	0,73	0,89	0,87	0,75	0,56	0,38	0,23	0,13	0
0,5	0	0,28	0,5	0,60	0,6	0,51	0,38	0,26	0,16	0,09	0
0,6	0	0,18	0,31	0,38	0,38	0,32	0,24	0,16	0,1	0,05	0
0,7	0	0,10	0,18	0,22	0,22	0,19	0,14	0,09	0,06	0,03	0
0,8	0	0,05	0,1	0,12	0,12	0,1	0,07	0,05	0,03	0,02	0
0,	0										0

9		0,03	0,05	0,06	0,06	0,05	0,04	0,02	0,01	0,01	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Таблица 3

Типовая поверхность кривизны

z_1	z_2										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
	$F''_{(Z)}$										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0	–8,4	–7,4	–4,7	–1,4	1,5	3,3	3,8	3,3	2,5	1,6	0,0
0,1	–8,1	–7,1	–4,5	–1,3	1,5	3,1	3,6	3,2	2,4	1,5	0,0
0,2	–7,1	–6,3	–4,0	–1,2	1,3	2,8	3,2	2,8	2,1	1,4	0,0
0,3	–5,8	–5,1	–3,2	–0,9	1,0	2,2	2,6	2,3	1,7	1,1	0,0
0,4	–4,3	–3,8	–2,4	–0,7	0,8	1,7	1,9	1,7	1,3	0,8	0,0
0,5	–2,9	–2,6	–1,6	–0,5	0,5	1,1	1,3	1,2	0,9	0,6	0,0

Продолжение табл.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0,6	–1,8	–1,6	–1,0	–0,3	0,3	0,7	0,8	0,7	0,5	0,4	0,0
0,7	–1,1	–0,9	–0,6	–0,2	0,2	0,4	0,5	0,4	0,3	0,2	0,0
0,8	–0,6	–0,5	–0,3	–0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,0
0,9	–0,3	–0,2	–0,2	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Коротко об авторах

Дем– прь лицея.

© В.В. Демьянов, С.М. Простов, О.В. Демьянова, 2005

УДК

В.В. Демьянов, С.М. Простов, О.В. Демьянова

Электролюминесцентные устройства *В СИСТЕМАХ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О СОСТОЯНИИ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД*

Семинар №2

УДК 622.016.3.112.3

Н.Н. Касьян, докт. техн. наук (ДонНТУ, Донецк, Украина)
А.О. Новиков, канд.техн. наук (ДонНТУ, Донецк, Украина)
В.Л. Самойлов, канд. техн. наук (ДонНТУ, Донецк, Украина)
Ю.А. Петренко, канд. техн. наук (ДонНТУ, Донецк, Украина)

О РОЛИ МЕЖРАМНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ В МЕХАНИЗМЕ ФОРМИРОВАНИЯ НАГРУЗКИ НА КРЕПЬ

Механизм взаимодействий рамной крепи выработок с окружающим горным массивом является весьма сложным и не однозначным. Существующее представление о том, что отпор крепи распределяется по внутренней поверхности выработки на ширину, равную шагу установки крепи не отражает фактически наблюдаемую ситуацию в шахтных условиях, особенно при образовании зоны разрушенных пород. Практически отпор массиву крепью осуществляется только по поверхности контакта между ними. В межрамном пространстве величина отпора массиву определяется шагом установки крепи и жесткостью межрамного ограждения. При этом несущим элементом, оказывающим сопротивление смещающимся породам являются только рамы крепи.

Характер распределения нагрузки по периметру рамной крепи в настоящее время изучен достаточно глубоко.

Вместе с тем, крепь представляет собой пространственную конструкцию и вопрос о механизме взаимодействия рамной крепи с вмещающим породным массивом, с учетом влияния на него характера деформирования пород в межрамном пространстве до настоящего момента полностью не исследован.

Большинством исследователей, затяжка (межрамное ограждение) рассматривается как элемент крепи, предназначенный для защиты выработки от вывалов породы в промежутках между рамами крепи.

Вместе с тем результаты обследований горных выработок показывают, что состояние затяжки намного хуже состояния непосредственно рам крепи.

Поэтому в последние годы большее внимание стали уделять и грузонесущей функции затяжки, которая заключается в восприятии давления со стороны массива горных пород и передачи его на рамы крепи. При этом большинство разработанных шахтных затяжек представляют собой жесткие конструкции, несущая

способность которых приближается к несущей способности крепежных рам. Это приводит к увеличению материалоемкости и трудоемкости крепления выработок. Такой подход к решению проблемы межрамных ограждений не отражает реального механизма работы рамной податливой крепи. В системе «массив – рама крепи – межрамное ограждение» основной отпор окружающему породному массиву создается рамами крепи, и его величина определяется технической характеристикой и плотностью их установки. Поэтому рассматривать роль межрамного ограждения в системе необходимо с учетом взаимодействия рам крепи с породным массивом.

Для решения поставленных задач в работе использовался метод физического моделирования на моделях из эквивалентных материалов и структурных моделях.

Моделировался слоистый горный массив с прочностью пород на одноосное сжатие 40-60 МПа. В моделях рамы крепи по длине выработки устанавливались с шагом 60; 40; 20 и 13 мм, что соответствует 1,5; 1,0; 0,5 и 0,33 м в натуре. Для изучения характера распределения напряжений в массиве горных пород в моделях на расстоянии 30 и 70 мм от контура выработки всплошную устанавливались датчики трения.

Анализ полученных данных показал, что в начальной стадии формирования зоны разрушенных пород (при величине внешнего пригруза от 0 до 10 кПа), податливость затяжки не оказывает существенного влияния на величину нагрузки на крепь. Начиная с величины внешнего пригруза в 10 кПа нагрузка на рамы с податливой затяжкой растет менее интенсивно и по величине (в 1,5–2,5 раза) меньше, чем на рамы с жесткой затяжкой. При увеличении внешнего пригруза более 30 кПа интенсивность нагружения рам с податливой затяжкой возрастает, а с жесткой – уменьшается. Но в целом, нагрузка на рамы с податливой затяжкой, как и было установлено ранее, на 30–40% меньше, чем на рамы с жесткой затяжкой.

Такой механизм формирования нагрузки на рамы крепи можно объяснить следующим. Начиная с величины внешней нагрузки в 10 кПа, податливая затяжка начинает прогибаться и при размере зоны разрушенных пород над выработкой более половины шага крепи между рамами образуется свод естественного равновесия. Свод полностью сформировался при величине внешней нагрузки 30 кПа. После этого, нагрузка на рамы крепи начинает возрастать, с увеличением внешней нагрузки более интенсивно. Нагрузка на рамы с жесткой затяжкой, с увеличением величины внешней нагрузки возрастает практически по линейной зависимости так как затяжка только перераспределяет нагрузку на рамы. Однако, при внешней нагрузке более 30 кПа, затяжка немного прогибается и нагрузка на крепь снижается. Образование свода естественного равновесия между рамами крепи вдоль выработки позволяет объяснить тот факт, что в шахтных условиях, даже при значительных деформациях податливой крепи с железобетонной затяжкой не наблюдается полного разрушения затяжки и обрушения пород между рамами крепи. При этом несущая способность затяжки значительно меньше, чем рамы крепи.

Выполненные исследования позволяют уточнить механизм формирования нагрузки на систему «крепь – межрамное ограждение» в процессе образования вокруг выработки зоны разрушенных пород, который заключается в следующем.

В начальный период формирования вокруг выработки ЗРП (размер ЗРП не превышает шага установки крепи) и отсутствии деформации затяжки, последняя только перераспределяет нагрузку от смещений контура выработки на рамы крепи, не оказывая существенного влияния на ее величину. При дальнейшем росте ЗРП вглубь массива и прогибе затяжки вследствие смещений пород в полость выработки, т.к. ее жесткость и несущая способность меньше чем у рамы крепи, между рамами, вдоль продольной оси выработки, начинают образовываться своды естественного равновесия. Затяжка прогибаясь воспринимает часть смещений контура выработки и тем самым снижает нагрузку на рамы. После завершения образования в межрамном пространстве сводов естественного равновесия, затяжка воспринимает нагрузку только от веса породы внутри этого свода. А так как эти своды опираются на рамы крепи, то при дальнейшем росте зоны разрушенных пород вокруг выработки, нагрузка ими перераспределяется только на рамы крепи и не передается на затяжку.

Установленный механизм позволяет сформировать требования к параметрам межрамного ограждения:

– податливость затяжки должна обеспечивать возможность образования сводов естественного равновесия внутри ЗРП в межрамном пространстве без ее разрушения;

– несущая способность затяжки должна приниматься такой, чтобы воспринимать

нагрузку от веса пород в пределах свода естественного равновесия.

Обобщая результаты проведенных исследований можно отметить следующее:

– Затяжка, как жесткая, так и податливая, участвует в процессе формирования нагрузки на крепь при шаге установки рам крепи 0,5 м и более. При шаге установки рам крепи менее 0,5 м, роль затяжки сводится только к удержанию забутовочного материала;

– При жесткой затяжке нагрузка на рамы крепи уменьшается с увеличением плотности установки рам, т.е. жесткая затяжка только перераспределяет нагрузку от смещений контура на рамы крепи. При этом над рамами наблюдается концентрация давления и более интенсивное разрушение массива;

– При податливой затяжке нагрузка на рамы крепи при шаге их установки более 0,5 м и давления в глубине массива распределяются равномерно и существенно не зависят от расстояния между рамами. При шаге установки рам крепи менее 0,5 м, нагрузка на рамы и давление в глубине массива распределяется аналогично, как и при жесткой затяжке;

– При податливой затяжке, по мере роста зоны разрушенных пород вокруг выработки вглубь массива и прогиба затяжки, между рамами крепи, вдоль выработки, образуется свод естественного равновесия. При этом, после завершения формирования свода естественного равновесия, нагрузка на рамы крепи, с увеличением внешнего давления, возрастает более интенсивно;

– При податливой затяжке и шаге установки рам крепи более 0,5 м, нагрузка на рамы на 30-40% меньше, чем при жесткой затяжке.

–

Коротко об авторах

Дем– прь лицея.

© В.В. Демьянов, С.М. Простов, О.В. Демьянова, 2005

УДК

В.В. Демьянов, С.М. Простов, О.В. Демьянова

Электролюминесцентные устройства
В СИСТЕМАХ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О СОСТОЯНИИ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД

Семинар №2

УДК 622.232.
Д.И. Жмуровский
Ю.М. Максименко

Повышение надёжности горношахтного оборудования путем оперативной диагностики его состояния.

Семинар 11

Эксплуатация современного горношахтного оборудования повышенной энерговооруженности требует своевременного предупреждения, обнаружения и устранения возможных неисправностей, главным образом скрытых, не выявленных внешним осмотром для сокращения затрат на ремонт и предотвращения аварийных ситуаций.

Методов для получения объективной информации о техническом состоянии оборудования много, но прежде всего, необходимо использовать информацию завода-изготовителя из карт технического обслуживания и встроенных дисплеев.

Необходимо использовать также диагностические средства, которые позволили бы не только определять неисправности, но и прогнозировать их на ближайшую перспективу, что позволит определить ресурс работы узлов или агрегатов в целом.

Машины, имеющие средства диагностирования узлов, имеют возможность сокращать затраты на техническое обслуживание и ремонт за счёт уменьшения времени их осмотра и анализа экспертами, сокращение времени на уменьшения количества плановых и неплановых ремонтов.

Средства диагностики подразделяются по способу диагностирования на тестовые и функциональные, по организации работ на автоматические и ручные, по функциональным возможностям на индивидуальные и унифицированные. По конструкции они подразделяются на встроенные, переносные и стендовые.

Диагностирование узлов производится для тех машин, которые имеют кратность к общему ресурсу. Это позволит экономично спланировать приобретение необходимых объёмов запасных частей и материалов, увязанного со временем эксплуатации.

Диагностирование машин кроме этого положительно влияют на общий уровень квалификации обслуживающего персонала.

Важным направлением совершенствования системы управления эксплуатацией шахтного стационарного оборудования являются диагностирование как с помощью автоматизированных систем, так и переносных приборов, используемых при оперативном проведении работ. Учитывая, что износ парка стационарных установок достиг-75%, актуальность диагностирования очевидна.

Автоматические средства диагностики позволяют получать с контрольных точек информацию о техническом состоянии с помощью специальных датчиков, сигналы которых подаются на цифровую индикацию. Аналогичные приборы диагностики могут быть переносными и использоваться эпизодически. Автоматические и переносные средства диагностики позволяют не только получить информацию о состоянии того или иного узла, но и найти неисправность и принять меры по ремонту.

Для диагностики гидрооборудования очистных механизированных комплексов на шахтах использовался метод дистанционного контроля за давлением в гидросистеме крепи при проведении технических операций с комплексом. Эта информация передаётся на пункт обработки мини ЭВМ и получают готовые отчёты. Кроме этого, для диагностирования гидрооборудования крепи в специализированных управлениях используется переносные приборы перетока жидкости ИПГ.

Эксплуатация современных очистных механизированных комплексов требует больших затрат на техническое обслуживание и ремонт для поддержания их в работоспособном состоянии.

Опыт проведения наладочных работ выявил ряд существенных недостатков.

Сегодня организацию технического обслуживания мы строим на жестком регламенте без

учета действительного износа. Поэтому делаем наладку или слишком рано или слишком поздно.

Современные методы инструментальной наладки очень трудоемкие, и позволяют как правило определять только несущую способность гидростоек крепей (трудоемкость составляет от 50 до 100 чел/смен).

При проведении наладочных работ состояние насосных станций, гидрораспределителей, гидродомкратов определяется визуальным осмотром, интуицией и опытом обслуживающего и ремонтного персонала.

Все эти недостатки не позволяют производить эффективную ревизию и наладку ОМК и не предотвращают отказы гидрооборудования в добычные смены.

Достаточно сказать, что из-за отказов гидрооборудования крепи теряется до 20% добычи угля от всех потерь из-за отказов с крепями.

В связи с этим необходима техническая диагностика комплексов, которая давала бы полное представление о состоянии гидрооборудования.

В настоящее время известно несколько способов диагностирования.

Например, диагностирование гидроприводов машин с насосами постоянной производительности, когда непрерывно или через постоянные периоды времени работы гидропривода измеряют время сброса на слив избытка подачи рабочей жидкости, с одновременным контролем номинального давления.

Есть способ определения герметичности гидроцилиндров, заключающийся в том, что одновременно с изменением давления в гидроцилиндре измеряют другой параметр, например, положение поршня в цилиндре, также способ по определению времени нарастания давления, вибро акустические методы.

На крепях применяются индикаторы ИД-13, для оперативного контроля несущей способности крепи. Все эти способы имеют свои плюсы и минусы и не решают проблемы агрегатного диагностирования системы гидропривода комплекса.

В нашем представлении, когда трудовые и материальные ресурсы ограничены, важно делать наладку тогда, когда это необходимо, контролировать состояние комплекса без его остановки, получать готовую информацию о состоянии крепи.

На шахтах Кузбасса совместно с Кузбасским государственным техническим университетом произведена работа по определению технического состояния гидросистемы крепи. В этой работе определяющим параметром служит скорость выполнения технологическим операций.

Схема экспериментальной установки состоит из потенциометрического датчика, датчика метана (ДМЗ-ЗТ), аппарата сигнализации (АС-ЗУ), который расположен на платформе энергопоезда, информационной стойки (СПТ-ЗИ) в диспетчерской шахты. Потенциометрический датчик подсоединяется к напорной магистрали гидросистемы комплекса. Схема установки работает следующим образом.

Давление рабочей жидкости из напорной магистрали воспринимается плунжером, который через рычажную систему перемещает щетку реохорда. Тем самым изменение давления преобразуется в пропорциональное изменение сопротивления реохорда.

Изменённое сопротивление реохорда включено в мост датчика ДМТ вместо постоянного резистра сопротивлением 7,06 ома. Изменение сопротивления в зависимости от давления вызывает разбаланс моста ДМТЗТ, что приводит к появлению сигнала, который поступает в аппарат АС-ЗУ, затем сигнал по линиям связи поступает в диспетчерскую на информационную стойку (СПТЗИ) с самописцем. Непрерывный сигнал записывается на ленту, на ленте устанавливаются временные метки, через каждую минуту. Скорость ленты самописца ставится на максимальную - 5400 мм/час.

Перед началом работ согласовывается давление в гидросистеме со шкалой самописца при помощи контрольного манометра.

Предварительный анализ диаграмм изменения давления в гидросистеме ОМК позволил установить, что длительность выполнения операции технологического цикла по передвижке секций крепи зависит от срока эксплуатации (следовательно и износа гидрооборудования). Полученные диаграммы показывают, что каждой технологической операции соответствует определенное давление в гидросистеме: передвижке секции 170кг/см^2 конвейера - 100кг/см^2 и т.д. Это позволяет выделить отдельные технологические операции и проанализировать длительность их выполнения.

На первом этапе исследований состояния механизированной крепи предусмотрена обработка диаграммы давления на вычислительной машине М-6000, с помощью которой состав-

ляют временные ряды передвижки секций, пауз, передвижки конвейера, крепи сопряжения.

На втором этапе найдены законы распределения временных рядов.

На основании эксперимента выявлен характер изменения давления в гидросистеме при раздельных операциях по передвижке секций крепи, конвейерного става, крепи сопряжения и т.д. а также при их сочетании.

Найдены законы распределения времени передвижки, подсчитаны их допустимое время. Например, время на передвижку секции крепи в лаве №7 шахты им. Ярославского не должно превышать 31 секунду, длительность пауз 29 секунд, конвейерного става 14 секунд и т.д.

Имея аналоговые записи для новых комплексов, при периодической записи процессов передвижки крепи путем сравнения выявляются отклонения в гидросистеме комплекса.

Диаграммы позволяют проверять состояние комплекса и по сигналалам эксплуатационного персонала и в какой то мере выявлять недостатки в технологии передвижке секций крепи, конвейера. В настоящее время эта работа продолжается для набора данных и обработки на ЭВМ.

Для исследования подшипников различных машин широко используется акустический метод с применением приборов вибродиагностики , ультрозвуковой диагностики, дефектоскопов УД2-12, толщиномеров «Кварц-6». Кроме этого применяется магнитная дефектоскопия – дефектоскоп ПМ-70.

Для диагностики широкого спектра оборудования находящегося в ревизии и наладке применяются различного рода стенды.

Для насосов и гидродвигателей применяется стенд ИС-320, при испытании гидрооборудования крепи применяют индикаторы перетока жидкости ИПГ, для проходческого оборудования КИ-48-15м-03. Аналогичные стенды имеются для испытания электрооборудования, средств автоматизации и газовой защиты.

На угольных предприятиях находят широкое применения инфракрасные термометры с пределами измерений от 18°С до 400°С «Кельвин», для дистанционного контроля температуры на расстоянии до 10м. При этом возможно дистанционное измерение температуры нагрева контакторов электровозов, электрооборудования любого напряжения до десятых долей градуса без отключения напряжения.

В 80% случаев нестабильность работы машин обусловлена не их отказами, а недостаточным уровнем надёжности других элементов системы оборудования участка. Таким образом правильно подобранной технологической схемой оборудования и его энерговооружённостью мы можем совершенствовать динамику работы, вскрывать дополнительные резервы повышения производительности участков.

На стабильности работы забоев при прочих равных условиях сказывается технология процесса добычи, надёжность техники, квалификация людей, обслуживающих и управляющих производственным процессом, а также надёжность рабочих мест и окружающей среды, которая может быть неодинаковой для людей и машин.

Последнему вопросу в угольной отрасли мало уделяется внимания на влияния так называемого человеческого фактора в человеко-машинной системе. Безусловно, оборудование с повышенной энерговооружённостью требует большей ответственности при работе и его обслуживании, в повышении общих профессиональных знаний обслуживающего персонала.

Результаты полученные при изучении режимов работы добычных участков подтверждают, что нестабильность и неравномерность функционирования оборудования весьма отрицательно сказывается на всех основных показателях работы шахты. Частые пуски и остановки машин, переходы на холостой ход или изменения нагрузки приводит к снижению производительности и надёжности оборудования из за пульсирующих нагрузок на детали и узлы машины, приводит к повышению утомляемости и нервному напряжению обслуживающего персонала. Современное оборудование очистного забоя в течение смены включается 30-40 раз, вместо рациональных 2-3 раза. Среднее время непрерывной работы на отдельных участках составляет 4-6 мин., вместо 2-3 часов.

Ресурсы очистного комбайна до первого ремонта, например в 3-3,5 раза меньше, чем крепи, в 2 раза меньше, чем лавного конвейера.

Работа такого комплекса оборудования не может быть эффективной. Поэтому комплектование современных новейших мощных комплексов оборудования должно осуществляется с учётом ресурсов наработки, что положительно сказывается на его работе, а комплексов бывших в работе, по остаточному ресурсу. При этом повышение остаточного ресурса возможно через текущие и капитальные ремонты.

Коротко об авторах

Дем– прь лицея.

© **В.В. Демьянов, С.М. Простов, О.В. Демьянова, 2005**

УДК

В.В. Демьянов, С.М. Простов, О.В. Демьянова

Электролюминесцентные устройства ***В СИСТЕМАХ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О СОСТОЯНИИ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД***

Семинар №2

УДК 622.831

ОСОБЕННОСТИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ

Костенко А.В., Гавриш Н.Н. *(Донецкий национальный технический университет, Донецк, Украина)*

Актуальной проблемой стоящей перед современной угольной промышленностью, является обеспечение высоких нагрузок на очистной забой. В условиях Донбасса это сопряжено с большими трудностями: малой прочностью и устойчивостью вмещающих пород, большой глубиной разработки, высокой газообильностью и опасностью пластов по внезапным выбросам угля и газа, высокой температурой

вмещающих пород, склонностью углей к самовозгоранию, взрывчатостью угольной пыли и проч.

В таких условиях высокую скорость подвигания очистного забоя можно обеспечить, используя комбинированные системы разработки на базе столбовой с прямоточной схемой проветривания и обособленным разбавлением вредностей по источникам их выделения в шахтную атмосферу [1].

Для обеспечения нормального функционирования подобных систем разработки большое значение имеет удовлетворительное состояние подготовительных выработок на каждом из этапов их поддержания при отработке выемочного столба, а особенно позади очистного забоя. Устойчивость таких выработок можно достичь только с использованием целого комплекса мероприятий на всех стадиях существования выработки, начиная с момента её проведения и вплоть до погашения.

Существующие представления о состоянии подготовительных выработок в зонах влияния очистных работ основаны на результатах исследований, проведенных ВНИМИ, МГГУ, ДонУГИ, НГУ, ДПИ и ряда других институтов и организаций. Например, профессор И.Л. Черняк [2] выделил семь характерных этапов существования выработки: 1 – вне зоны влияния очистных работ, 2 – в зоне динамических проявлений опорного давления очистного забоя, 3 – в зоне динамических проявлений опорного давления позади забоя, 4 – в зоне статического состояния опорного давления, 5 – в зоне повторного динамического проявления опорного давления впереди лавы, 6 – в зоне повторного динамического опорного давления лавы и 7 – в зоне повторного статического состояния опорного давления второй лавы. В исследованиях закономерностей деформирования выработок, оформляемых позади очистного забоя [3], авторы выделяют две характерных зоны: зону активных смещений контура выработки и зону затухающих скоростей смещения контура.

С целью изучения особенностей деформирования подготовительных выработок под влиянием очистных работ производились наблюдения за их состоянием в условиях шахт Донбасса.

Наблюдательные станции были оборудованы в обслуживающих высоконагруженные лавы подготовительных выработках, проведенных в нетронутом массиве и сохраняемых позади очистного забоя, а именно: во 2-м южном конвейерном штреке пласта d_4 блока №5 и в 3-й южной бортовой выработке пласта d_4 блока №6 шахты «Красноармейская Западная №1», а также в 9-м западном конвейерном штреке пласта l_1 шахты им. А.Ф. Засядько [4].

Наблюдения производились способом массовых замеров на металлокрепи путем измерения высоты выработки по её центру от ключа крепи до почвы при помощи металлической мерной ленты (рулетка ВНИМИ) и вспомогательного телескопического стержня по центру сечения. Контрольные рамы крепи были выбраны с шагом 10 м (ПК), но в ходе замеров было решено уменьшить шаг замеров в зоне влияния очистного забоя до 2 м (3-4 рамы крепи). Также отмечалось расстояние от замерного сечения до створа лавы на момент замера.

Во всех выработках наблюдалась качественно-подобная картина. Была установлена существенная неравномерность величины вертикальных смещений (разницы проектной и текущей высоты выработки) по длине выработки вне зоны влияния очистных работ. На наш взгляд, эту неравномерность можно пояснить неоднородностью горно-геологических и качеством ведения проходческих работ. В качестве примера представлены результаты измерений для 2-й южной лавы бремсбергового поля блока №5 шахты Красноармейская Западная №1 (рис. 1).

Рисунок 1 – Вертикальная конвергенция (U) контура выработки вне зоны влияния очистных работ: l - расстояние от лавы (в сторону нетронутого массива)

Неравномерность вертикальных смещений по длине подготовительной выработки отмечали и другие авторы. Однако в работах МГГУ [2] неравномерность смещений в зоне опорного давления связывалась с периодичностью обрушения основной кровли, а в работах ДонНТУ [3] исследования проводились в выработках, оформляемых позади очистного забоя. В исследованиях ИГД им. А.А. Скочинского и концерна «Интауголь» в выработках используемых повторно была выявлена неравномерность конечных смещений (после пребывания выработки во всех геомеханических зонах) [5].

На рис. 2 приведена обобщённая картина реализации смещений в зоне влияния очистного забоя.

Штриховка – область измеренных значений смешений, сплошная линия – среднее значение.
Вертикальные пунктирные линии – границы геомеханических зон пребывания выработки: 1 – вне зоны влияния очистных работ, 2 – в зоне динамических проявлений опорного давления очистного забоя, 3 – в зоне активных смещений контура выработки, 4 – в зоне статического состояния опорного давления

Рисунок 2 – Вертикальная конвергенция (*U*) контура выработки в зоне влияния очистных работ: *l* – расстояние от лавы до замерного сечения

К сожалению, учесть ремонтные работы, в частности подрывку почвы, не представлялось возможным, поэтому вид зависимости несколько искажен. Однако, как видно из рисунка, неравномерность смещений сохранялась на всех этапах поддержания выработки, несмотря на «нивелирующее» влияние ремонтных работ в зоне активных сдвижений пород.

Причём следует отметить, что на участках с бóльшими начальными смещениями U_0 (до попадания сечения в зону временного опорного давления), величина смещений, реализовавшихся в зоне влияния очистного забоя $U_{оч}$ также выше.

То есть, конечные смещения можно представить в виде:

$U=U_0+U_{оч}$,

где $U_{оч}=f(U_0)$,

причём $f'(U_0)>0$,

На рис. 3 приведены графики зависимости вертикальных смещений (U) от их величины до воздействия опорного давления от движущейся лавы (U_0). Измеренные значения разделяли на диапазоны в зависимости от положения замерных сечений относительно очистного забоя.

Рисунок 3 –Связь вертикальных смещений с состоянием выработки вне зоны влияния очистного забоя для различных этапов существования выработки

На основании установленной закономерности представляется возможным производить прогнозирование участков с вероятными смещениями, превышающими допустимые по условиям эксплуатации выработки на основании результатов замеров высоты до начала влияния очистных работ (h_0-U_0), где h_0 – проектная высота выработки.

3.

Критерием оценки состояния выработки вне зоны влияния движущейся лавы предлагается считать такую высоту $h_{крит}$, при которой в результате развития очистных работ в конкретных условиях высота выработки достигнет минимально допустимого для нормального функционирования добычного участка значения h_{min}. Величина $h_{крит}$ устанавливается опытным путём для каждого определённого случая по опыту отработки смежного поля, либо части этой же выработки, ранее подвергшейся влиянию очистных работ (рис.4).

Рисунок 4 – Схема закономерностей развития смещений в различных геомеханических зонах.

Данный метод позволяет ещё задолго до приближения очистного забоя к «проблемному» участку, то есть в наиболее благоприятных условиях производить мероприятия направленные на снижение последующих проявлений горного давления, например: применение крепи усиления, анкерной крепи, упрочнение массива и т.п.

Это даст возможность:

- сократить общий объём ремонтных работ, а особенно в окрестности сопряжения выработки с лавой, а значит избежать помех основным производственным процессам;
- сконцентрировать мероприятия направленные на снижение смещений только на участках, требующих этого согласно прогнозу.

Выводы:

1.Установлен экспериментально неравномерный характер смещений по длине выработки расположенной не только позади очистного забоя, но и в нетронутом очистными работами массиве.

2.Экспериментально установлена связь состояния выработки и величины вертикальных смещений контура выработки вне зоны влияния очистных работ и в зонах динамических проявлений опорного давления очистного забоя и активных смещений контура выработки. На базе этого предложен простой и малотрудоёмкий метод прогнозирования смещений выработке после прохода лавы. Анализируя прогнозируемые смещения на протяжении выработки можно оперативно определить участки, требующие применения дополнительных мероприятий по сохранению устойчивости выработки.

СПИСОК ССЫЛОК

1.Зборщик М.П., Костенко А.В. Сохранение устойчивости подготовительных выработок высоконагруженных лав при отработке пологих пластов. – Уголь Украины, №4, 2003, с.7-11.

2.Черняк И.Л., Бурчаков Ю.И. Управление горным давлением в подготовительных выработках глубоких шахт. М., Недра, 1984. с. 304.

3.Гавриш Н.Н., Стулишенко А.Ю. Особенности процесса конвергенции кровли и почвы выработок, проводимых и поддерживаемых вслед за лавой. – Геотехнологии на рубеже XXI века. / под общ. ред. С.С. Гребенкина, Ю.В. Бондаренко – Донецк: ДУНПГО. Т.2. – с. 56-60.

4.Ильяшов М.А., Костенко В.К., Костенко А.В., Грицай В.Ф., Бокий Б.В. Практика охраны подготовительных горных выработок литыми полосами при интенсивной отработке угольных пластов. - Проблемы горного давления, 2003, №9 с. 40-74.

5.Старосельцев Л.М., Мининберг В.Я. О разбросе смещений по длине выработки. – Уголь, 1992, №3, с.7-9.

Коротко об авторах

Дем– прь лицея.

© В.В. Демьянов, С.М. Простов, О.В. Демьянова, 2005

УДК

В.В. Демьянов, С.М. Простов, О.В. Демьянова

Электролюминесцентные устройства *В СИСТЕМАХ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О СОСТОЯНИИ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД*

Семинар №2

УДК 622.06

Ефимов В.Г. – доцент, к.т.н., Донецкий Национальный технический
университет

Технология выемки весьма тонких пологих пластов.

В Донецком Национальном техническом университете разработана технология безлюдной выемки весьма тонких пологих пластов угля постоянной мощности с резко изменяющейся устойчивостью кровли.

Выемка и доставка угля осуществляются скрепероструговой установкой. В качестве призабойной крепи используются протяжённая секционная пневноопора, которая фронтально перемещается на забой по мере выемки угля скерепероструговом [1]. Перемещение пневмоопоры производится специальным передвижным устройством, установленным на одной из секций скрепероструга. Управление кровлей осуществляется дистанционным возведением в выработанном пространстве за пневмоопорой опорных полос из рядовой породы при помощи транспортно-формирующей приставки, установленной на свободной ветви тягового органа скрепероструговой установки.

Состояние кровли в призабойном пространстве существенно зависит от геомеханических процессов на значительных участках околозабойной части массива, в том числе и в выработанном пространстве. В связи с этим большое практическое значение имеет определение минимально необходимой несущей способности пневмобаллонной крепи, а следовательно, и минимального давления воздуха в ней, еще не нарушающего механизм плавного опускания кровли на породные опоры.

В результате обнажения кровли при подвигании очистного забоя, как показано в работе [2], под действием нормальных и касательных напряжений от массива пород кровли отделяется плита мощностью 4-8 м в зависимости от состава вмещающих пород. Плита жестко защемлена по краям и опирается на выложенные в выработанном пространстве породные полосы и на призабойную пневмокрепь.

С достаточной степенью точности расчет такой плиты можно заменить расчетом балки единичной ширины, лежащей на дискретном упругом основании, в качестве которого по краям балки служит угольный пласт, на некотором расстоянии от забоя — пневмобаллонная крепь и далее по длине балки — расположенные в выработанном пространстве породные опоры (рис.1).

Рис. 1. Расчетная схема: 1 — скрепероструг, 2 — пневмобалонная крепь, 3 — породные опоры

Для решения данной задачи использовался метод начальных параметров.

Сущность метода заключается в следующем. Для каждого участка балки составляются уравнения для определения начальных параметров — величин прогиба, угла поворота, изгибающего момента и поперечной силы. При этом начало каждого последующего участка по длине балки принимается за новое начало координат. В этом случае величина каждой из четырех постоянных в конце каждого участка равняется величине соответствующей постоянной в начале последующего участка. В результате образуется система уравнений, которая решается методом Гаусса.

Для решения полученной системы уравнений и определения влияния призабойной пневмобаллонной крепи на поведение пород кровли пласта с помощью ЭВМ разработана программа напряженно-деформированного состояния пород кровли.

В расчетах принимались наиболее рациональные параметры закладочного массива, обоснованные в работах [3,4] и полученные на практике во время промышленных испытаний в шахтоуправлении «Холодная Балка» ПО «Макесвуголь». Ширина породных опор, возводимых в «шахматном» порядке, принималась равной 1,5 м, расстояние между ними — 2,0 м.

Расчеты производились для наиболее неблагоприятного случая, в момент, когда за пневмобаллонной крепью еще не выложен очередной ряд породных опор и ширина незакрепленного пространства позади пневмокрепи до предыдущей породной опоры является максимальной.

В результате реализации программы получены зависимости максимальных нормальных напряжений в кровле от длины выработанного пространства в процессе развития работ на выемочном участке для различных типов пород непосредственной кровли (рис.2).

Рис. 2. Зависимость максимальных напряжений от длины выработонного пространства при залегании в непосредственной кровле соответственно: 1 — известняков, 2 — песчаных сланцев, 3 — глинистых сланцев, 4 — песчаников

При этом варьировались величина давления воздуха в пневмобаллонной крепи и высота отделяющегося слоя пород непосредственной кровли. Далее сравнивались полученные значения максимальных нормальных напряжений с предельными напряжениями на растяжение для соответствующего типа пород. Как показано в работе [5], предельные напряжения на растяжение для глинистого сланца, песчаного сланца, песчаника и известняка соответственно составляют 6,6; 7,9; 9,0; 10,0 МПа.

Установлено, что уровень давления сжатого воздуха в пневмокрепи оказывает неодинаковое влияние на процесс плавного опускания кровли, представленной разными типами пород. Максимальные нормальные напряжения, возникающие в кровле, не превышают предельных напряжений, если непосредственная кровля представлена известняками, песчаниками или песчаными сланцами при давлении в пневмокрепи на уровне, обеспечиваемом при питании от шахтной пневмосети (до 0,5 МПа). Если в кровле залегают глинистые сланцы, максимальные нормальные напряжения оказываются несколько выше (6,9 МПа) предельных напряжений при давлении 0,5 МПа.

Таким образом, уровень давления в пневмобаллонной крепи, обеспечиваемый питанием от шахтной пневмосети, является достаточным для плавного опускания кровли, если последняя представлена известняками, песчаниками или песчаными сланцами. Распространение технологии выемки с применением длинномерной пневмокрепи и частичной закладки выработанного пространства для различных пород непосредственной кровли, включая и глинистые сланцы, предполагает увеличение давления в пневмоопоре до 0,7-0,8 МПа, например, за счет использования шахтных передвижных компрессорных установок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Библиографический список

1. Бондаренко Ю.В., Голембиевский П.П., Ефимов В.Г. Разработка способа крепления кровли протяженными пневмоопорами при безлюдной выемке весьма тонких пологих пластов // Разработка месторождений полезных ископаемых: Республ. межвед. научн.- техн.сб. — Киев: Техника, 1990. — Вып.87. — С. 69-74 с.
2. Беляев А.Н. Теоретические основы расчета горного давления в комплексно-механизированных очистных забоях пологих пластов: Автореф. ... канд. техн. наук. — Донецк, 1978.
3. Гомаль И.И. Разработка и выбор рациональных параметров безлюдной скреперострургой выемки весьма тонких пологих пластов с закладкой выработанного пространства: Автореф. ... канд. техн. наук. — Донецк, 1985.
4. Макеев А.Ю. Обоснование рациональных параметров технологии возведения породных опор при безлюдной скреперострургой выемке: Автореф. ... канд. техн. наук. — Донецк, 1989.
5. Сапицкий К.Ф., Бондаренко Ю.В., Гомаль И.И., Чучко Д.Я. Технология выемки весьма тонких угольных пластов скреперострургами. – Киев: Техника, 1989. – 191с.

© Ефимов В.Г., 2005

Семинар №11 «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых»

Коротко об авторах

Дем– прь лицея.

© В.В. Демьянов, С.М. Простов,
О.В. Демьянова, 2005

УДК

В.В. Демьянов, С.М. Простов, О.В. Демьянова

Электролюминесцентные устройства *В СИСТЕМАХ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О СОСТОЯНИИ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД*

Семинар №2

УДК.622.33

Сузинь С.А.

Анализ работы АО «Гуковуголь» после реструктуризации

Шахты АО «Гуковуголь» находятся в Каменско-Гундоровском и Гуково-Зверевском угольных районах. Шахты Каменско-Гундоровского района разрабатывают коксующиеся угли и характеризуются как опасные по внезапным выбросам угля и газа. Шахты Гуково-Зверевского района разрабатывают антрацитовые пологие пласты тонкой и средней мощности и как правило не газовые.

Промышленные запасы на действующих шахтах составляют около 300 млн. тонн, большинство из них антрациты. Большая часть запасов залегает в пластах мощностью не свыше 0,81 м.

Из-за высокого качества, угли добываемые предприятиями АО «Гуковуголь» пользуются широким спросом. В 1985–1990 годах шахтами добывалось свыше 10 – 11 млн. тонн угля в год.

Девяностые годы характеризуются сложнейшим периодом в организации добычи угля. Происходящее в народном хозяйстве Российской Федерации процессы, связанные со становлением рыночных механизмов усугубили и без того трудное положение, в котором оказалась угольная промышленность. Технико-экономические показатели работы угольных шахт стали снижаться.

Резко снизились дотационные средства, что сказалось на техническом положении шахт. Недостаточный объем господдержки не позволил не только наращивать уровень производства посредством введения новых мощностей шахт или их реконструкции и технического перевооружения, но и сохранить достигнутый.

С 1993 года начался процесс реструктуризации шахтного фонда АО «Гуковуголь», основной целью которой являлось значительное улучшение основных технико-экономических показателей работы АО «Гуковуголь» на осно-

ве закрытия неперспективных и особо убыточных шахт.

Всемирным банком было предложено оставить в работе только три наиболее перспективные шахты («Гуковская», «им. 50-летия Октября», «Алмазная»). Поэтому варианту предусматривалось закрытие 12 шахт и резкое сокращение добычи угля (до 2,9 млн. тонн в 2000 году).

ИТР АО «Гуковуголь» был разработан свой вариант реструктуризации шахтного фонда. Он предусматривал: ликвидацию неперспективных шахт («Комиссаровская», «Октябрьская», «Центральная», «Гундоровская», «Донецкая»); концентрацию горных работ за счет роста нагрузки на очистной забой; сокращение протяженности горных выработок; отказ от отработки запасов, где применить современную технику и технологию нового поколения не представляется возможным. Как показало время этот вариант оказался правильным, он позволил сохранить производственный потенциал шахтного фонда при его качественном изменении, сохранить занятость населения и исключил социальное напряжение в регионе.

Это было достигнуто за счет технического перевооружения. Если в 80-е – 90-е годы добыча осуществлялась механизированными комплексами КМ-87УМП, КМ-88, КМК-97, КМТ, то в настоящее время очистные забои оснащены механизированными комплексами типа КД-90, КМ-103 и КМ-137

Резко была увеличена нагрузка на очистной забой с 447 тонн в сутки в 1995 году до 900–1000 тонн в 2000 –2004 годах. Это привело к значительному улучшению технико-экономических показателей АО «Гуковуголь».

Намеченные цели предусмотренные программой реструктуризацией шахтного фонда полностью выполнены. В настоящее время это безубыточное предприятие, не имеющее долгов по зарплате и уплате налогов.

Коротко об авторе

Сузинь Сергей Анатольевич – Шахтинский институт (филиал) Южно-Российского государственного технического университета (НПИ).

	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2003
Кол-во шахт (технических единиц)	20	20	18	17	16	7	7
Годовая добыча угля, тыс. тонн	9910	10460	11800	10350	5914	4514,5	4161
Среднединамическая мощность пласта, м	1,27	1,24	1,25	1,29	1,38	1,46	1,61
Среднединамическое количество очистных забоев	60,6	70,5	62,9	56	33	14,3	13,7
Среднесуточная нагрузка на очистной забой, т	482	438	477	467	447	1004	870
Производительность труда, т	48,4	41	41,1	39,2	29,2	-	-

Коротко об авторах

Дем– прь лицея.

© **В.В. Демьянов, С.М. Простов, О.В. Демьянова, 2005**

УДК

В.В. Демьянов, С.М. Простов, О.В. Демьянова

Электролюминесцентные устройства ***В СИСТЕМАХ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О СОСТОЯНИИ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД***

Семинар №2

УДК 622.33

А.А. Обухов, Мельниченко В.Ф.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ОБЪЕМОВ ПРОВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК W_o В ПРЕДЕЛАХ ПАНЕЛИ ДЛЯ ШАХТ ВОСТОЧНОГО ДОНБАССА

а) Формирование коэффициента совершенства горного хозяйства.

Под коэффициентом совершенства горного хозяйства шахт $K^{a}_{СШ}$ понимается величина, учитывающая степень непрерывного соответствия направленности технических решений по всему комплексу горного хозяйства, росту производительности труда, нормам и ограничивающим условиям во всем многообразии влияющих факторов.

Таким образом, коэффициент $K^{a}_{СШ}$ характеризует “скелетно-сосудистую” сторону горного хозяйства – его сложность, емкость, качественные характеристики и геологическую среду. Исходя из этого, коэффициент совершенства горного хозяйства шахт $K^{a}_{СШ}$ является отображением множества *M* влияющих факторов и показателей.

Если весь информационный массив, то есть множество $\{M\}$, разбить на подмножества $\{D_i\}$ и задаться условием $D_i \in M$, тогда все многообразие влияющих факторов и параметров на совершенство горного хозяйства шахт можно представить следующим образом

$$K^a_{СШ} : \{M\} = \{D_1\} \vee \{D_2\} \vee \{D_3\} \vee \{D_4\}$$

,

где $\vee$ - дизъюнкция (логическое сложение элементов) в отношении множеств D_i.

Разбив подмножества D_i по факторам, получим:

$\{D_1\}$ - определяет группу геометрических параметров горного хозяйства;

$\{D_2\}$ - определяет группу горно-геологических факторов;

$\{D_3\}$ - определяет группу технических параметров;

$\{D_4\}$ - определяет группу технологических факторов.

В группу геометрических параметров входят:

протяженность выработок активная, км;

протяженность выработок пассивная (поддерживаемые), км;

сечение выработок, м^2;

удаленность мест доставки, км;

количество выработок очистных;

количество проходческих забоев;

длина проветриваемых путей, км;

число стволов;

длина лав, м;

коэффициент подрывки боковых пород.

В группу горно-геологических факторов включаются:

углы падения пластов, град.;

мощность пластов, м;

число пластов;

коэффициент крепости угля;

коэффициент крепости пород;

газоносность пластов, м^3/т;

нарушенность шахтного поля, наруш./км;

температура пород, град., °С;

обводненность горных выработок, м^3/ч;

глубина залегания пластов, м.

Группу технических параметров составляют:

производительность очистного оборудования (т/сут);

производительность проходческого оборудования (м/сут);

производительность транспортного оборудования, т/сут;

потенциальные возможности подъемов, т/сут;

потенциальные возможности вентиляторов, м^3/мин;

потенциальные возможности вспомогательного оборудования, м^3/ч.

В группу технологических факторов входят:

число квершлагов;

число уклонов (бремсбергов);

направление развития работ по простиранию;

направление развития работ по падению;

число ступеней транспортирования по падению;

число ступеней транспортирования по простиранию.

Поскольку, исходя из вышеизложенного, $K^a_{СШ}$ определяет степень соответствия направленности технических решений росту или снижению производительности труда по шахте, а значения факторов и параметров и производительности труда имеют флуктуацию в ту или иную сторону и носят случайный характер, то для определения направленности влияния факторов используем принцип соотношения изменчивости параметров и производительности труда по наибольшему числу совпадений. Для этого используем математический аппарат теории вероятностей. Анализ изменения каждого фактора в сторону увеличения его значений является основой принятия решений. Если при этом растут значения и производительности труда, то фактор имеет положительную направленность, если, наоборот - отрицательную. Но как было отмечено, эти изменения носят стохастический характер, поэтому для количественной оценки направленности влияния факторов используем величину наибольшей вероятности P_i попадания фактора в положительное или отрицательное влияние.

Данные для выполнения исследования были собраны по шахтам с охватом всех изменений условий на протяжении 20-летнего периода работы шахт.

Табл. 1 отражает выборку значений вероятностей соответствия положительной или отрицательной направленности влияния изменения факторов на изменение производительности труда. Выбирая наибольшие значения вероятностей $P_{пол}$ и $P_{отр}$, получим направленность влияния факторов.

В результате выделяется 10 факторов положительной направленности с соответствующими значениями вероятностей $P_{пол}$ = 0,83-0,98 и 22 фактора - отрицательной направленности с вероятностью $P_{отр}$ = 0,69-1,0. Два фактора (длина путей проветривания и нарушенность шахтного поля) дают вероятность отрицательной направленности 1,0.

б). Оценка количественного влияния факторов и определение W_o.

На основании данных, приведенных в предыдущем параграфе, представим положительную и отрицательную направленность изменения факторов в виде числовой оси с положительным и отрицательным направлением и разобьем ее на равные интервалы.

Тогда увеличение значений в положительном или отрицательном направлении будет показывать увеличение или уменьшение влияния. В нашем случае все числовые значения факторов и параметров приводятся в порядке их возрастания, охватывая таким образом все условия ведения работ на шахтах объединения “Ростовуголь”.

К примеру, из группы геометрических параметров возьмем такой фактор, как “протяженность выработок активная”. Значения принимаются следующие: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12. Все значения факторов в порядке их возрастания.

Здесь значения самого фактора и порядковый номер в строке этих значений совпадают, то есть для значения 1 см соответствует порядковый номер 1 и т.д., а если это будут мощности пластов, м - 0,6; 0,65; 0,7, ..., то номера порядковые не будут по значениям совпадать с абсолютным значением самого фактора. Таким образом, при представлении ряда значений факторов в порядке их возрастания в виде числовой оси, нас будут интересовать порядковые номера значения в строке фактора, характеризующие удаленность этого значения на числовой оси от минимального или максимального, а, следовательно, и величину вклада в положительное или отрицательное влияние на состояние горного хозяйства шахт. Подобным приемом мы ставим различные по природе, единицам измерения факторы и параметры в условия сравнимости “возрастания” - ‘убывания’, а порядковый номер в числовой последовательности значений фактора покажет степень “возрастания” или “убывания”.

Поскольку $K^{a}_{СШ}$ - является отображением множества факторов с определенной вероятностью, то в алгебраическом виде его можно представить следующим образом:

$$K^{a}_{СШ} = \sum_{n=1}^{10} q_{пол} \cdot i - \sum_{n=1}^{22} q_{отр} \cdot i ,$$

где $q_{пол}$ и $q_{отр}$ - весовые коэффициенты при факторах соответственно с положительным и отрицательным направлением влияния;

i - порядковые номера значений в строке фактора;

n - число факторов с положительной и отрицательной направленностью.

Знаки алгебраической суммы коэффициентов наиболее полно отвечают логическому выводу о том, что, если бы было другое действие, то значение $K^{a}_{СШ}$ не имело бы смысла, так как достаточно одно из значений факторов приравнять нулю, коэффициент $K^{a}_{СШ}$ также становился бы равным нулю, а это лишено смысла.

Исходя из анализа $K^{a}_{СШ}$ и направленности факторов объем проведения выработок W_o в метрах на 1000 т запасов в пределах панели для шахт Восточного Донбасса является основным для характеристики горного хозяйства шахт.

Объем проведения горных выработок на 1000 т угля в пределах панели определяется, в основном, оптимальной длиной очистного забоя l и оптимальной длиной панели по простиранию - x_o и может быть выражен следующей формулой:

$$W_{опт.} = \left(\frac{x_o \cdot n + 3L_n}{z_{пан.} \cdot c} \right) \cdot 1000,$$

м/1000т

где: $W_{опт}$ - оптимальный объем проведения подготовительных горных выработок в пределах панели на 1000 т добычи угля, м;

L_n = 1000м- длина панели по падению, м;

z - промышленные запасы угля в пределах панели

$$z = x_o \cdot L_n = p \cdot c = x_o \cdot 1000 \cdot n \cdot 1{,}52 \cdot m$$

n - число ярусных штреков в пределах панели.

Тогда

$$W_{опт.} = \frac{658{,}6 + 0{,}656 l_o}{m(l_o + 4)} + \frac{1970}{x_o \cdot m}$$

, м/1000 т

Взяв первую производную по *x* в ЭММ и приравняв ее нулю, получим x_o = 2000 м, т.е. для условий разработки пластов антрацита на шахтах Восточного Донбасса оптимальную длину панели по простиранию можно принять равной x_o =2000 м.

Подставляя в эту формулу соответствующие значения *m*, l_o и x_o в зависимости от времени *t* получим табл. 2, где определены W_o, по которым можно делать соответствующий прогноз.

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Обухов Анатолий Афанасьевич – Шахтинский институт (филиал) Южно-Российского государственного технического университета (Новочеркасского политехнического института).

Мельниченко Владимир Федорович – шахта им. Октябрьской революции ОАО “Голдуголь”.

Таблица 1

Вероятность направленности влияния факторов

Наименование факторов	Направленность изменения значений фактора	Направленность изменения значений производительности труда	Количество рассмотренных случаев		Вероятность соответствия	
			рост фактора “$P_{осн}$ произв. труда”	рост фактора “Падение произв. труда”	положит. $P_{пол}$	отрицат. $P_{отр}$
1	2	3	4	5	6	7

Геометрические параметры						
Протяженность выработки активная	$P_{ост}$	$P_{ост}$	125	25	0,83	0,17
Протяженность выработки пассивная	$P_{ост}$	уменьш.	25	130		
Сечение выработки	$P_{ост}$	$P_{ост}$	200	20	0,16	0,84
Удаленность мест доставки	$P_{ост}$	уменьш.	20	120		
Количество выработок очистных					0,91	0,09
Количество проходческих забоев	$P_{ост}$	уменьш.	35	150		
Длина путей проветривания					0,14	0,86
Число стволов	$P_{ост}$	уменьш.	20	150		
Длина лав						
	$P_{ост}$	снижение	0	30	0,19	0,81
	$P_{ост}$	$P_{ост}$	35	7		
	$P_{ост}$	снижение	20	120	0,12	0,88
					0,00	1,00
					0,83	0,17
					0,14	0,86

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7

Коэффициент подрывки пород.	$P_{ост}$	снижение	20	200	0,09	0,91
Горно-геологические факторы						
Углы падения пластов Мощность пластов						
Количество пластов	$P_{ост}$	снижение	15	50		
Коэффициент крепости угля	$P_{ост}$	$P_{ост}$	30	2	0,23	0,77
Коэффициент крепости пород	$P_{ост}$	снижение	5	35		
Газоносный пласт	$P_{ост}$	снижение	2	110	0,94	0,06
Нарушенность шахтного поля						
Температура пород	$P_{ост}$	снижение	1	110	0,12	0,88
Обводненность горных выработок	$P_{ост}$	снижение	3	30	0,02	0,98
Глубина залегания пластов.	$P_{ост}$	снижение	0	135		
Технические параметры	$P_{ост}$	снижение	1	38	0,01	0,99
Производительность очистного оборудования	$P_{ост}$	снижение	4	50		
Производительность проходческого оборудования	$P_{ост}$	снижение	3	30	0,09	0,91
Производительность транспортного оборудования					0,00	1,00
Потенциальные возможности подъемов	$P_{ост}$	$P_{ост}$	130	6	0,03	0,97
Потенциальные возможности вентиляторов	$P_{ост}$	$P_{ост}$	130	5	0,08	0,92
Потенциальные возможности вспомогательного оборудования.	$P_{ост}$	$P_{ост}$	70	1	0,09	0,91
	$P_{ост}$	$P_{ост}$	70	3		
	$P_{ост}$	$P_{ост}$	56	2	0,96	0,04
	$P_{ост}$	$P_{ост}$	75	8		
					0,96	0,04
					0,98	0,02
					0,96	0,04
					0,96	0,04
					0,90	0,10

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
Технологические факторы						
Число квершлагов	$P_{ост}$	снижение	15	50	0,23	0,77
Число уклонов	$P_{ост}$	снижение	15	78		
Направления развития работ по простиранию	$P_{ост}$	снижение	25	55	0,16	0,84
Направление развития работ по падению	$P_{ост}$	снижение	21	55	0,31	0,69
Число ступеней транспортирования по падению	$P_{ост}$	снижение	12	120	0,28	0,72
Число ступеней транспортирования по простиранию.	$P_{ост}$	снижение	12	120	0,09	0,91
					0,09	0,91

Таблица 2

Годы	1999	2000	2001	2002	2003	2004
m	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
W_o	5,389	5,389	5,377	5,371	4,921	4,843
m	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
W_o	4,467	4,467	4,457	4,443	4,079	4,014
m	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
W_o	3,884	3,884	3,876	3,864	3,547	3,491
m	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
W_o	3,496	3,496	3,488	3,477	3,192	3,141
m	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
W_o	3,237	3,237	3,230	3,220	2,956	2,909
При l_o	200	200	200	200	220	220

Коротко об авторах

Дем– прь лицея.