УДК: 622.363.2;4

С.А.ТОЛСТУНОВ, *канд. тех. наук, доцент, tsaa09@mail.ru*
А.В.МОНТИКОВ, *канд. тех. наук, доцент, amontikov@mail.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

S.A.TOLSTUNOV, *PhD in eng. sc, associate professor, tsaa09@mail.ru*
A.V.MONTIKOV, *PhD in eng. sc, associate professor, amontikov@mail.ru*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ПОДВИГАНИЯ ОЧИСТНОГО ЗАБОЯ НА ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ГОРНЫХ РАБОТ

Состояние краевой зоны разрабатываемого пласта во многом определяет условия взаимодействия крепи механизированного комплекса и вмещающих пород, а также непосредственную связь с оседанием дневной поверхности и газовыделением в очистной забой. В работе рассмотрено влияние скорости подвигания очистного забоя на оседание дневной поверхности и состояние краевой зоны пласта.

***Ключевые слова*:** краевая зона пласта, очистной забой, прогиб дневной поверхности, траектории движения

EFFECT OF SPEED ADVANCE STRIKE FACE TO THE ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES OF MINING

Status of the marginal zone of the reservoir developed largely determines the conditions of interaction of mechanized roof supports of the complex and surrounding rocks, and also defines direct link with deposition of surface and gas evolution in the face cleansing. In this paper we consider the influence of strike face speed subsidence at the surface and condition of the marginal zone of the reservoir.

***Key words*:** marginal zone formation, cleansing face, the deflection surface, the trajectory of motion of rocks.

Подземные горные работы с обрушением кровли вызывают проседания дневной поверхности в виде мульды и создают условия для появления парниковых газов в рудничной атмосфере. Наиболее разрушительным действием обладают неравномерные оседания дневной поверхности, которые происходят при относительно низкой скорости подвигания очистных забоев. Использование современных механизированных комплексов на пластах пологого падения создает широкие возможности в наращивании производственной мощности горных предприятий, повышении нагрузки на очистной забой и улучшения технико-экономических показателей. За последнее десятилетие на шахтах Кузбасса длина очистных забоев на пологом падении увеличилась в 1,5-2 раза, а скорость подвигания забоев – в 4-6 раз. За это же время на шахтах Кузбасса произошло восемь крупных техногенных аварий, сопровождающиеся потерей людских ресурсов и материальных ценностей.

В статье В.А.Скрицкого[7] приводится анализ горно-технических ситуаций и причин наиболее сильных взрывов метана, произошедших за последнее десятилетие на шахтах Кузбасса. Рассмотрение этих причин показывает, что техногенные аварии происходили на предприятиях, оснащенных со-

временной техникой и хорошо отработанной в промышленности технологией, с относительно низкой газообильностью пластов. Шахты использовали самые совершенные схемы проветривания очистных забоев. При скоростях движения очистных забоев до 5 м/сутки в сопоставимых условиях никогда таких аварий не происходило. Это обстоятельство диктует необходимость более детального рассмотрения горно-технической ситуации и выявить наиболее значимые факторы с точки зрения геомеханики, влияние которых определяет решающую роль в возникновении аварийных ситуаций. К этим факторам относится влияние длины лавы и скорости подвигания забоя за сутки. В горно-технической литературе этим факторам не придавалось ранее существенного значения. Их влияние в расчетах по вентиляции очистных забоев учитывалось косвенно, т.е. через общую нагрузку на очистной забой. Во всех случаях количества воздуха было достаточно для разбавления метана до безопасных концентраций.

В работе[8] показано, что увеличение скорости подвигания очистного забоя приводит к значительным изменениям напряженно-деформированного состояния краевой зоны пласта и к появлению дополнительных зон ослабленного угля, являющегося дополнительным источником выделения метана.

Имеющиеся в литературе [1-4] сведения о состоянии краевой зоны пласта относятся к технологиям с относительно невысокими скоростями подвигания забоев (до 4 м в сутки), что не позволяет экстраполировать полученные зависимости на ситуации с высокими скоростями (до 20 м и более в сутки) подвигания забоев. В связи с тем, что в литературе последних лет не найдены сведения о влиянии скорости подвигания очистного забоя на характер проявлений опорного давления впереди лавы и состоянии краевой зоны пласта, попытаемся охарактеризовать данное явление с позиций динамики деформаций межслоевой толщи и деформаций дневной поверхности. При малых глубинах разработки влияние вышележащей толщи на краевую зону разрабатываемого массива незначительно. При значительных глубинах разработки влияние ощущается со значительным изменением границ с учетом углов сдвижения мульды и изменением деформаций во времени.

Среди специалистов горного производства нет единого мнения о характере влияния скорости подвигания очистного забоя на состояние дневной поверхности. В работе [5] приводятся некоторые сведения о влиянии скорости подвигания очистного забоя на характер формирования динамической мульды сдвижения дневной поверхности. Г.Бригс [5,9] отмечал положительный эффект увеличения скорости подвигания очистного забоя на состояние дневной поверхности и уменьшения риска разрушения объектов над разрабатываемой площадью. В трудах И.М.Бахурина имеется упоминание о целом ряде случаев, когда увеличение скорости подвигания очистных работ также благоприятно сказывается на состоянии объектов, расположенных на подрабатываемой горными работами территории [4]. А.Перец утверждает, что скорость сдвижении и деформаций поверхности растет пропорционально скорости подвигания очистных работ. В более поздних работах С.Г.Авершина и С.Кноте даются количественные зависимости для определения влияния скорости подвигания очистного забоя на интенсивность сдвижений и деформаций земной поверхности (рис.1).

На основании этих исследований установлено, что при малых скоростях подвига-

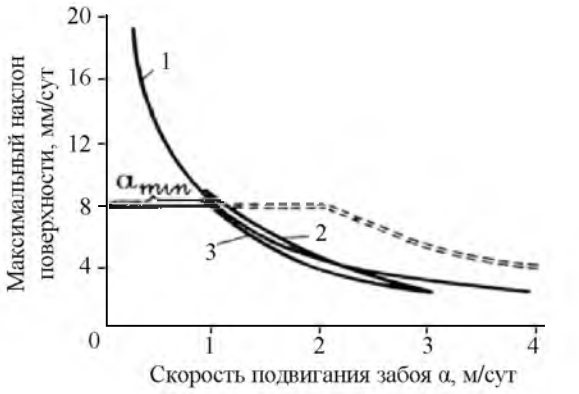


Рис.1. Зависимость скорости оседания земной поверхности от скорости подвигания очистного забоя
1, 2 и 3 – по результатам работ С.Кноте, С.Г.Авершина [2] и С.А.Батугина [3], соответственно

ния очистного забоя скорость деформаций растет, а при скоростях выше 4 м/сутки кривая оседаний межслоевой толщи асимптотически приближается к горизонтальной оси и изменяется незначительно. Для каждых конкретных условий существует такая скорость движения очистного забоя a_{min}, при которой сдвижения и деформации динамической мульды становятся равными сдвижениям и деформациям окончательно сформировавшейся мульды сдвижений..

Скорость подвигания очистного забоя может быть в определенных условиях одним из основных факторов, определяющих степень повреждений земной поверхности и горных пород, что должно учитываться при анализе горно-технических ситуаций в целях улучшения технологии добычи угля.

Траектория движения земной поверхности, по данным наблюдений С.Г.Авершина, К.Нейберга, Г.Бригса [1, 2, 5], состоит из двух участков. Криволинейная часть траектории движении близка к дуге окружности, за ней следует прямолинейный участок. На рис.2 представлена ситуация, когда очистной забой движется от точки M_1 до точки M_2. При этом точка P испытывает разное влияние подрабатываемого забоя в зависимости от его положения в конкретный момент времени в зависимости от его скорости движется в пространстве. Конечной точкой всех завершившихся процессов сдвижений и деформаций толщи является точка P_1.

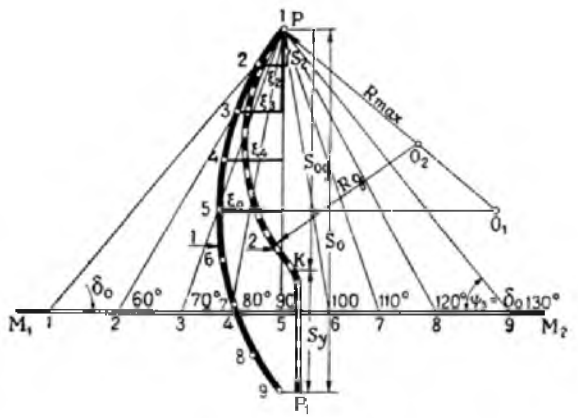


Рис.2 Характер траекторий движения земной поверхности на участке динамической мульды

1 – движение без уплотнения пород; 2 – движение с последующим уплотнением пород

Прямолинейный вертикальный участок от точки K до точки P_1 (кривая 2) соответствует стадии уплотнения горной породы. Этот участок наблюдается в тот период времени, когда движущийся очистной забой уже не воздействует на точку P. При увеличении скорости подвигания очистного забоя кривая траектории движения точки земной поверхности постепенно изменяет радиус дуги окружности (кривая 1) в сторону его увеличения. Центр окружности постепенно меняет свое положение из точки O_2 в точку O_1, лежащей на одной прямой O_1P. При этом криволинейная часть траектории движения точки имеет две составляющие: горизонтальную в направлении простирания и вертикальную. Вертикальная составляющая определяет степень пригрузки пород межслоевой толщи в области краевой зоны пласта. Чем больше скорость оседания межслоевой толщи, тем менее интенсивно пригружена краевая зона пласта.

Наибольший интерес для изучения краевой зоны пласта представляет горизонтальная составляющая. Горизонтальная составляющая общей кривой оседания дневной поверхности приводит к движению в сторону выработанного пространства межслоевой толщи от поверхности до краевой зоны пласта. Это движение горных пород создает благоприятные условия для раздавливания угля впереди очистного забоя и его движения в сторону выработанного пространства. Деформирование межслоевой толщи за пределами линии M_1-M_2 связано с уплотнением горных пород как обрушающихся слоев так и нижележащих, подвергшихся ранее разуплотнению в результате разгрузки и наличия процесса пучения. Если рассматривать слоистый горный массив как систему, в которой первопричина изменений является движение очистного забоя, создающего подработку массива, то процессы деформирования вышележащих слоев будут индентичными с конечными результатами деформирования дневной поверхности.

Увеличение скорости подвигания очистного забоя приводит к увеличению границы «хода» угля и увеличению границы динамической зоны опорного давления[8].

По данным наблюдений на шахтах Воркуты динамические проявления горного давления по пласту Тройному на вентиляционных штреках проявлялись на расстоянии 45-50 м впереди лавы при скорости подвигания забоя 4-5 м/сутки. В настоящее время в сходных условиях скорости подвигания очистных забоев увеличились до 8-10 м/сут, что привело к одновременному увеличению зоны влияния лавы на штреки до 100-120 м. Это утверждение подтверждается инструментальными замерами на шахте «Заполярная» по пласту Тройному[6]. Следовательно, увеличение скорости подвигания очистных забоев приводит к пропорциональному увеличению границ влияния на краевую зону пласта и подготовительные выработки.

Скорость подвигания очистного забоя является одним из основных факторов, определяющих степень повреждений земной поверхности и горных пород подстилающей толщи, что должно учитываться при решении вопросов состояния подрабатываемой толщи горных пород при расконсервации запасов угля, при решении вопросов дегазации, улучшения технологии добычи угля. Скорость движения горных пород при подработке зависит от скорости подвигания очистного забоя. Увеличение скорости подвигания очистного забоя благоприятно для состояния дневной поверхности, так как при этом имеют место менее значительные повреждения. Одновременно при увеличении скорости подвигания очистного забоя создаются значительные трудности при управлении горным давлением, поддержании выработок и интенсификации газовых выделений из призабойной зоны пласта. Поэтому дальнейшие исследования должны быть направлены на изучение поведения краевой зоны пласта и боковых пород при их подработке очистными забоями с увеличенными скоростями движения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Авершин С.Г.* Горные работы под сооружениями и водоемами. М., 1954.
2. *Авершин С.Г.* Сдвижение горных пород при подземных разработках. М., 1959.
3. *Батугин С.А.* Влияние скорости подвигания очистного забоя на сдвижения и деформации земной поверхности // Труды по вопросам горного давления, сдвижения горных пород и методики маркшейдерских работ. 1963. Т.50.
4. *Бахурин И.М.* Сдвижение горных пород под влиянием горных разработок Л., 1946.
5. *Бриггс Г.* Оседания и обрушения поверхности под влиянием горных разработок: Перевод с английского. Л., 1948.
6. *Розенбаум М.А.* Исследование высоты расслоения пород кровли в горных выработках в зоне опорного давления / М.А.Розенбаум, С.М.Черняховский, Е.С.Савченко // Записки Горного института. СПб, 2011. Т.190.
7. *Скрицкий В.А.* Взрывы метана на шахтах: трагедия на «Ульяновской» // Горная промышленность 2008. № 3.
8. *Толстунов С.А.* Влияние состояния краевой зоны пласта на механизм возникновения взрывов метана на угольных шахтах // Записки Горного института. СПб, 2011. Т.190.
9. *Briggs G.* Mining subsidence at Barbauchlow Mine // Trans. Inst. Vin. Eng. 1933. Vol.85.

REFERENCES

1. *Avershin S.G.* Mining operations at facilities and reservoirs. Moscow, 1954.
2. *Avershin S.G.* Strata movement during underground mining. Moscow, 1959.
3. *Batugin S.A.* Effect of speed podviganiya stope on displacement and deformation of the earth's surface // Works on rock pressure, displacement of rocks and surveying techniques work, 1963. Vol.50.
4. *Bakhurin I.M.* Displacement of rocks under the influence of mining Leningrad, 1946.
5. *Briggs G.* Subsidence and collapse under the influence of surface mining operations. Leningrad, 1948.
6. *Rosenbaum M.A., Chernyakhovsky S.M., Savchenko E.S.* Investigation of the height of the bundle of roof rocks in mines in the area of the reference pressure // Proceeding of the Mining Institute. Saint Petersburg. 2011. Vol.190.
7. *Skritsky V.A.* Methane explosions in coal mines: the tragedy of the «Ulyanovsk» // Proceeding of the Mining Institute. Saint Petersburg. 2008. N 3.
8. *Tolstunov S.A.* The influence jf the state of the marginal zone of the reservoir on the mechanism of methane explosions in coal mines // Proceeding of the Mining Institute. Saint Petersburg. 2011. Vol.190.
9. *Briggs G.* Mining subsidence at Barbauchlow Mine // Trans. Inst. Vin. Eng. 1933.