

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. А. С. Космодамианский, А. А. Левшин, Доклады АН УССР 9, 34, (1986).
2. А. А. Левшин, Известия АН СССР. Механика твердого тела 5, 180 (1981).
3. Аксенов А. В., Романова В. В., Борисенко Э. В., Пяталенко Е. И., Ревва В. Н. Управление изменением физико-механических свойств угля при его увлажнении водными растворами ПАВ // Проблемы отработки крутых пластов Донбасса.- Донецк: ЦБНТИ, 1996.- С. 8-11.

УДК 622.831.33

### ЗАКОНОМЕРНОСТИ СДВИЖЕНИЙ НАД ЗАБРОШЕННЫМИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫМИ ВЫРАБОТКАМИ МЕЛКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ

к. т. н. Звягильский Е. А. (шахта им. А.Ф. Засядько)

Проблема обрушения поверхности над заброшенными выработками мелкого заложения весьма актуальна в традиционных угледобывающих странах (США, Чехии, Польше, России, Украине и др.). Установлено [1], что сдвигения над выработками мелкого заложения происходят самым случайным образом и принципиально не предсказуемы. В связи с этим было принято решение исследовать данный процесс на нескольких однородных моделях из эквивалентных материалов с подобными свойствами, чтобы максимально исключить влияние горно-геологических факторов. Данный подход позволил установить основные закономерности природы исследуемого механизма.

Для изучения закономерностей сдвижений над горизонтальными выработками мелкого заложения была использована известная методика физического моделирования на моделях из эквивалентных материалов [2]. Для измерения всех компонент сдвижений моделируемых горных пород использовалась методика фотофиксации меток на поверхности модели с последующей обработкой координат меток на сканере и компьютере.

В результате проведения контрольных пробных опытов опытным путем были подобраны свойства моделируемых пород соответствующие типичным породам наносов Донбасса с прочностью на одноосное сжатие 10–30 МПа. Для закатки основных плоских моделей в масштабе 1:33 был изготовлен стальной стенд коробчатого типа с внутренними размерами 1370×980 мм. Толщина рамы стенда 19 мм. Передняя и задняя стороны моделей были ограничены стеклами толщиной 7 мм. Это позволило вести визуальный контроль за развитием моделируемых процессов на протяжении всего времени моделирования. Для уменьшения времени на закатку отдельных моделей

был изготовлен стенд меньших размеров 350×300 мм. Этот стенд служил для качественной оценки и подбора основных закономерностей сдвижения горных пород над выработками мелкого заложения. Слои моделируемых пород закатывались различной мощности от 2,5 мм до 10 мм в зависимости от требуемой точности отображения процесса сдвижения пород над выработкой. Разграничителем между слоями служила молотая слюда крупных фракций (0,5-5 мм). В центре нижней части рамы стенда установлен вибратор для искусственного ускорения времени протекания процессов в моделируемых породах. Целью исследования являлось определение влияния прочного или слабого относительно остальных пород слоя на процесс развития длительных сдвижений.

В процессе моделирования получены несколько закономерностей, характеризующих исследуемый механизм. При закатке модели №5 на основном стенде на расстоянии 230 мм (7,59 м в натуре) от кровли выработки расположен прочный слой общей мощностью 20 мм (0,66 м в натуре). Слой состоял из 8-ми слоев мощностью 2,5 мм, что составило 0,33 высоты выработки. Состав смеси для прочного слоя подобран в соотношении 2:1 по прочности к рядовым слоям. Общая высота моделируемой толщи пород равнялась 595 мм (19,63 м в натуре). Мощность толщи пород над выработкой – 435 мм (14,35 м в натуре), при размерах выработки – 150×65 мм (5×2 м в натуре). Отношение высоты перекрытия  $H$  к высоте выработки  $h$  составило 6,69, что по результатам натуральных наблюдений [1] соответствует плавному опусканию поверхности в виде мульды сдвижений. Отношение высоты толщи над выработкой до прочного слоя  $H_1$  к высоте выработки  $h$  составило 3,5, что соответствует провалу трубообразной формы. Остальные параметры моделирования аналогичны вышеописанным.

На рис. 1 приведен снимок модели, имитировавшей длительные сдвижения в однородной по прочности толще пород. Как видим, плоскости сдвижений ориентированы вертикально над боками заброшенной выработки. При наличии относительно прочного слоя картина сдвижений меняется (рис. 2). По результатам обработки данных моделирования получен эффект затухания сдвижений по мере приближения к прочному слою. При прочности, в 2 раза превышающей среднюю, границы сдвижения пород в плоскости сечения выработки сходятся под острым углом порядка 45-60 градусов к почве прочного слоя. Таким образом, при достаточной мощности и прочности по отношению к рядовым породам, этот слой останавливает процесс разрушения вышележащей толщи.

По результатам остальных моделей из эквивалентных материалов, при достижении критического соотношения высоты перекрытия к высоте выработки ( $H/h \leq 4-5$ ) наблюдается провал трубообразной формы. При высоте перекрытия выработки толщиной пород,

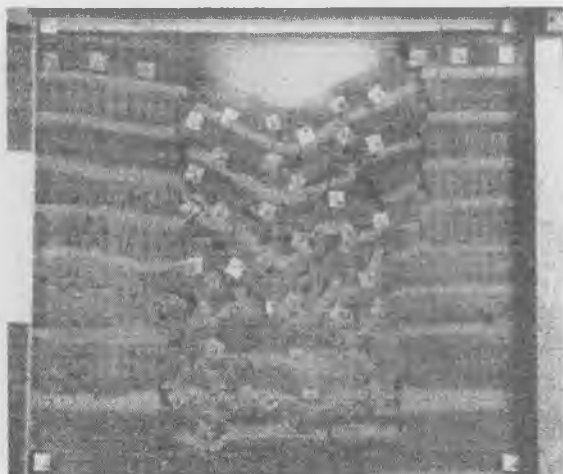


Рис. 1. Модель с однородной толщиной пород



Рис. 2. Модель с прочным слоем



Рис. 3. Модель со слабым слоем

большей чем пять высот выработки наблюдается тенденция к плавному прогибу поверхности с характерной мульдой сдвижения.

Границы сдвижения однородной толщи пород, при кратности подработки выработкой поверхности равной менее пяти, имеют вертикальную ориентацию. При наличии в толще моделируемых пород слабого (по отношению к рядовым) слоя процесс разрушения начинает развиваться от него и приводит к наклону границ сдвижения под тупым углом к поверхности (рис. 3). Результаты физического моделирования подтверждаются натурными наблюдениями [1], что свидетельствует о их достоверности и преемственности в натурным условиям.

Исходя из теории долговечности твердых тел [3,4], над любой выработкой рано или поздно произойдет обрушение толщи. Это лишь вопрос времени, распределение которого по результатам проведенных опытов и независимых натуральных наблюдений, также слабо предсказуемо и не поддается систематизации. Этот факт говорит о необходимости индивидуального подхода к каждому конкретному случаю сдвижения пород над выработками мелкого заложения. Природа хаотично выбирает критическое место для начала развития процесса разрушения и знание горно-геологических условий не позволяет с достаточной достоверностью охарактеризовать механизм сдвижения толщи во времени.

Таким образом в результате физического моделирования длительного процесса сдвижений над заброшенной горной выработкой получены следующие выводы.

1. Процесс длительных сдвижений толщи над заброшенными шахтами даже в однородной толще протекает хаотически и слабо поддается предсказанию.

2. По результатам обработки данных моделирования получен эффект затухания сдвижений по мере приближения к прочному слою. Границы сдвижения пород в плоскости сечения выработки сходятся под острым углом порядка 45-60 градусов к почве прочного слоя. Таким образом, при достаточной мощности (по крайней мере 0,66 м – 0,33 высоты выработки) и прочности по отношению к рядовым породам (70-80 МПа или в два раза выше прочности остальных пород), этот слой останавливает процесс разрушения вышележащей толщи.

3. При достижении критического соотношения высоты перекрытия к высоте выработки ( $H/h \leq 4-5$ ) наблюдается провал трубообразной формы. При высоте перекрытия выработки толщей пород большей чем пять высот выработки наблюдается тенденция к плавному прогибу поверхности с характерной мульдой сдвижения. Границы сдвижения однородной толщи пород, при кратности подработки выработкой поверхности равной менее пяти, имеют вертикальную ориентацию. При наличии в толще моделируемых пород слабого (по отношению к рядовым) слоя процесс разрушения начинает развиваться от него и приводит к наклону границ сдвижения под тупым углом к поверхности.

4. Над любой выработкой и в любое время могут произойти обрушения вышележащей толщи пород.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Syd S. Peng Surface subsidence engineering. - Littleton, Colorado: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., 1992, - 161 p.

2. Моделирование проявлений горного давления / Кузнецов Г.Н., Будько М.Н., Васильев Ю.И. и др. - Л.: Недра, 1968. - 279 с.

3. Nazimko V.V. and Grayson L.R. Thermodynamic method of rock durability, 1995, Proceedings of the 35<sup>th</sup> U.S. Rock Mechanics Symposium. A.A. Balkema/Rotterdam/Brookfield, pp. 363-365.

4. Регель В.Р., Слуцкер А.И., Томашевский Э.Е. Кинетическая природа прочности твердых тел. -М.: Наука, 1974.-560с.