

УДК 622.831.24

А.Е. Кольчик (асп.),**В.Н. Ревва** (д-р техн. наук, проф.)

Институт физики горных процессов НАН Украины, г. Донецк

Е.И. Кольчик (д-р техн. наук, проф.)

Донецкий национальный технический университет

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОРОДНОЙ КОНСОЛИ НАД ВЫРАБОТАННЫМ ПРОСТРАНСТВОМ ПОЛОГИХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

В статье приведены результаты наблюдений за смещениями земной поверхности при ее подработке. Установлено, что впереди створа движущейся лавы при наличии в подрабатываемом массиве мощных и прочных породных слоев возможно поднятие земной поверхности.

На величину поднятия земной поверхности оказывают влияние скорость подвигания лавы, длина породной консоли, прочность и мощность породного слоя. Длина породной консоли в основном зависит от величины эффективной поверхностной энергии и скорости увеличения растягивающих напряжений в верхней части породного слоя. Изменением скорости подвигания лавы можно регулировать характер поднятия земной поверхности.

Подземная разработка угольных пластов является источником техногенных преобразований в горном массиве, приводит к необратимым изменениям напряженно-деформированного состояния (НДС) массива и деформациям земной поверхности. Закономерности изменения отдельных составляющих поля напряжений и величин деформаций в подрабатываемой породной толще непосредственно зависят как от горнотехнических факторов – параметров технологии добычи полезного ископаемого, так и горно-геологических условий ведения очистных работ [1].

Проблемной точкой для горняков на протяжении нескольких десятилетий оставались труднообрушаемые кровли у разрабатываемых угольных пластов. Очень часто действовавшие на призабойную крепь нагрузки превышали ее несущую способность, что приводило к авариям, для предотвращения которых применялись различные способы сокращения длины зависающей над выработанным пространством консоли труднообрушаемой

кровли, как то торпедирование пород кровли, использование посадочной крепи и т.д. Однако достигнутый уровень развития горнодобывающей техники принципиально решил эту проблему и снял актуальность задачи контроля объемов зависающих над выработанным пространством породных слоев. Однако, установленные авторами закономерности деформирования труднообрушающихся породных слоев, а также разработанные на их основе способы управления состоянием горного массива в значительной мере актуализируют необходимость прогноза и постоянного контроля за таким параметром, как длина породной консоли [1, 2, 3].

Прогиб труднообрушаемой кровли разрабатываемого угольного пласта был отмечен еще в 1894 году Шульцем. Автор ограничился рассмотрением упругого прогиба, уподобив породный пласт балке, равномерно нагружаемой и заделанной по концам, и применив простейшие расчетные приемы сопротивления материалов. Однако применение формул сопротивления материалов к расчетам, подобным указанному, не дает результатов, подтверждаемых экспериментально. Это объясняется неоднородностью горных пород. В дальнейшем задачу о защемленном над очистным забоем жестком породном слое рассматривали многие (Слесарев В.Д., Давидянц В.Т., Кузнецов Г.А., Авершин С.Г. и др.).

С целью установить экспериментальные зависимости формирования породной консоли над выработанным пространством на шахтоуправлении «Покровское», разрабатывающем пласт d_4 , в кровле которого залегает прочный песчаник мощностью, достигающей на отдельных участках 40 м, были проведены натурные наблюдения за величиной шага обрушения данного породного слоя и выполнен анализ влияющих факторов.

Установлено, что на длину зависающей породной консоли оказывает непосредственное влияние мощность породного слоя и скорость подвигания лавы. Так, при прочности на одноосное сжатие песчаника 90 – 105 МПа с изменением его мощности с 5 до 20 м длина консоли увеличивается в 3,8 – 3,9 раз (рис. 1).

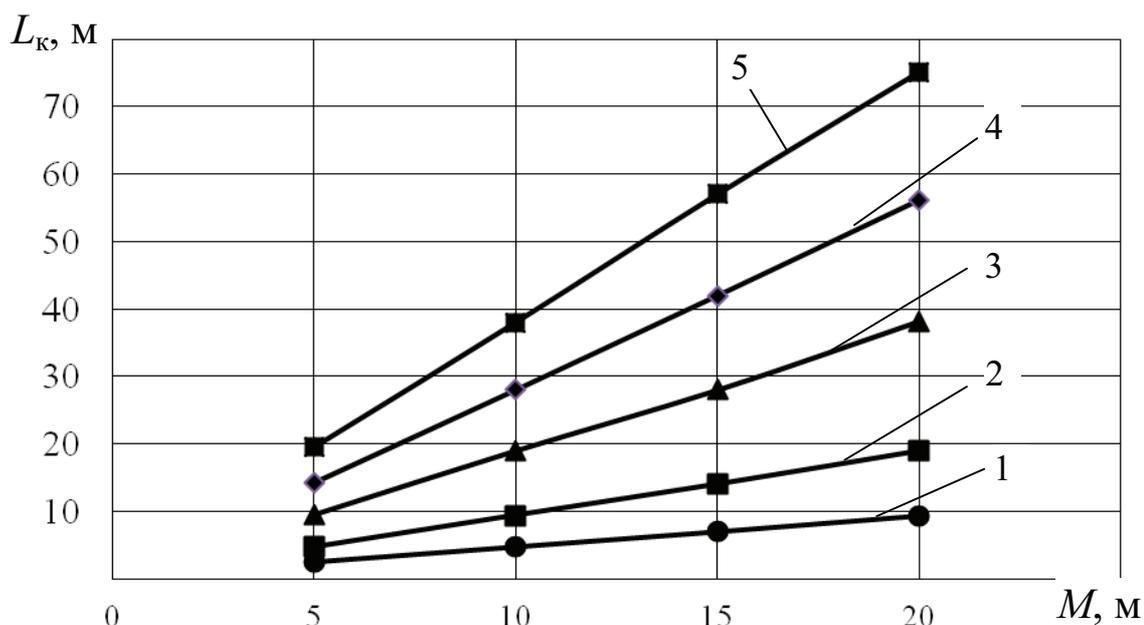


Рис. 1. Изменение длины консоли песчаника от его мощности 1, 2, 3, 4, 5 – скорость подвигания лавы соответственно равна 1, 2, 4, 6, 8 м/сут.

При этом, продолжительность формирования предельной длины консоли зависит от мощности породного слоя и может быть определена по формуле

$$t_{\text{фк}} = 0,47M, \text{ сут}, \quad (1)$$

где $t_{\text{фк}}$ – продолжительность формирования предельной длины консоли, сут.;

M – мощность слоя песчаника, м.

Очевидно, что предельная длина породной консоли зависит от трещиностойкости породного слоя. Трещиностойкость породного слоя характеризуется величиной эффективной поверхностной энергии (ЭПЭ), которая интегрально учитывает все механизмы разрушения.

Образование трещины в породном слое и дальнейшее его разрушение происходит при превышении величины, возникающей в нем энергии ($E_{\text{пм}}$) над величиной энергии, достаточной для

образования новой поверхности ($E_{\text{тр}}$), т.е. когда выполняется условие $E_{\text{пм}} > E_{\text{тр}}$.

ЭПЭ песчаника, залегающего в кровле пласта d_4 шахтоуправления «Покровское», определяется по [4] и находится в пределах 12...125 Н/м.

С учетом ЭПЭ длина зависающей консоли перед обрушением может быть определена по формуле

$$L_k = \frac{M \cdot \gamma \cdot V_{\text{л}} \cdot t_{\text{фк}}}{H \cdot m \cdot \sigma_y}, \quad \text{м}, \quad (2)$$

где γ – эффективная поверхностная энергия, Н/м;

$V_{\text{л}}$ – скорость подвигания лавы, м/сут;

σ_y – предел прочности угля на одноосное сжатие, Н/м²;

H – глубина разработки, м;

m – мощность разрабатываемого пласта, м.

При увеличении длины консоли в породном слое происходит увеличение растягивающих напряжений, реализуется отрывной механизм разрушения и консоль обрушается.

Ранее установлено, что скорость увеличения растягивающих напряжений при достижении консоли критических размеров зависит от скорости подвигания очистного забоя, предела прочности пород на растяжение и мощности породного слоя, от которой зависит расстояние Δ между точками в верхней части породного слоя с напряжениями $\sigma_p = 0$ и σ_{max} [2]. Зависимость скорости прироста растягивающих напряжений описывается уравнением

$$V_{\sigma} = \frac{V_{\text{оч}} \cdot \sigma_{p \text{ max}}}{\Delta}, \quad \text{Н / (м}^2 \text{ час.)}, \quad (3)$$

где $V_{\text{оч}}$ – скорость подвигания очистного забоя, м/час;

$\sigma_{p \text{ max}}$ – максимальная величина растягивающих напряжений, Н/м²;

Δ - растягивание в верхней части породного слоя между точками с напряжениями $\sigma_p = 0$ и σ_{\max} , М.

Тогда предельная длина породной консоли с учетом эффективной поверхностной энергии и скорости прироста растягивающих напряжений может быть определена по формуле

$$L_k = 0,16 \cdot \left(\frac{\gamma \cdot V_{\Delta}}{V_{\sigma} \cdot H} \right)^{0,88}, \text{ М}, \quad (4)$$

где γ – величина эффективной поверхностной энергии, Н/м;

V_{σ} – скорость прироста растягивающих напряжений в породном слое, Н/м² час.

Используя установленные закономерности формирования предельной длины породной консоли можно вести прогноз периодичности ее обрушения, а также управлять величиной породной консоли скоростью подвигания очистного забоя. Необходимость подобного управления возникает из-за возможности формирования разгруженной зоны в разрабатываемом угольном пласте впереди зоны временного опорного давления, а также поднятия земной поверхности над данной зоной. Так, на шахтоуправлении «Покровское» отмечено увеличение сечения высоты штреков, закрепленных рамной крепью на 2-5 см, в зависимости от скорости подвигания лавы и на 8-12 см – при рамно-анкерном креплении [5], а также поднятие земной поверхности до 12 см. При этом также установлено, что величина поднятия участка земной поверхности зависит от длины породной консоли [5]:

$$U = 0,196 \cdot L_k - 2,7, \text{ см}, \quad (5)$$

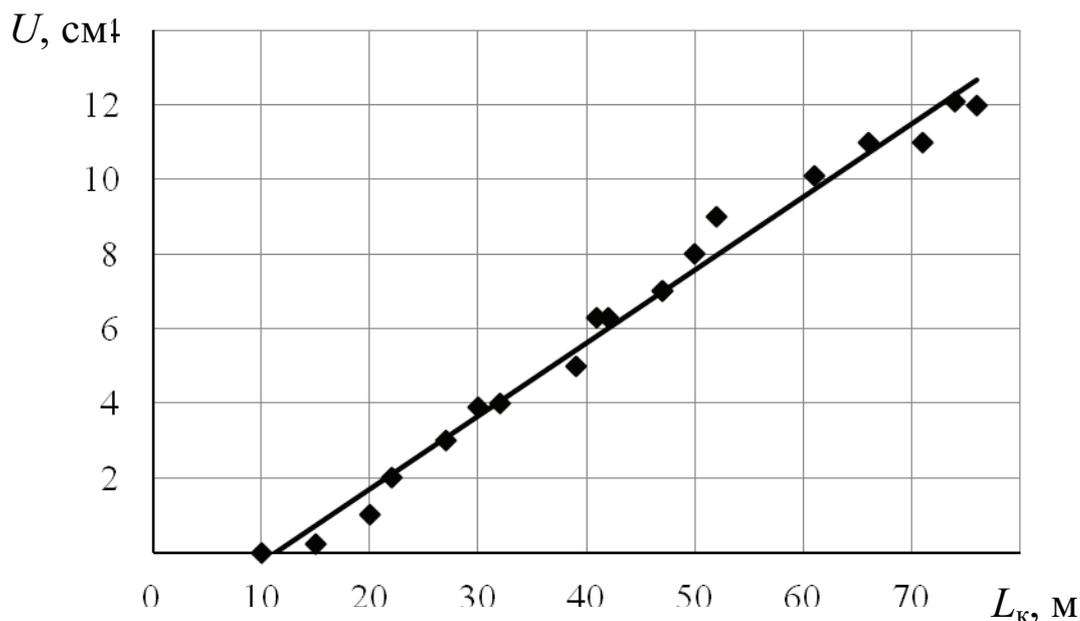


Рис. 2. Изменение величины поднятия земной поверхности от длины породной консоли

Наличие указанной зоны разгрузки позволяет разрабатывать и выполнять мероприятия по управлению состоянием горного массива, по эффективной дегазации разрабатываемого угольного пласта [3], а установленные закономерности поднятия участка земной поверхности, находящиеся над разгруженной частью угольного пласта, позволяют путем управления длиной консоли регулировкой скорости подвигания очистных забоев предотвращать вредное влияние данного процесса на поверхностные промышленные и жилые объекты.

Список литературы

1. Смещения земной поверхности при наличии мощных породных слоев в подрабатываемом массиве / Кольчик Е.И., Ревва В.Н., Кольчик А.Е. [и др.] // Вісті Донецького гірничого інституту. – 2008. - № 1. – С. 173 – 177.
2. Трещинообразование в породной консоли при больших скоростях подвигания лав / Кольчик Е.И., Ревва В.Н., Кольчик И.Е. // Вісті Донецького гірничого інституту. – 2008. - № 1. – С. 219 – 224.
3. Спосіб дегазації вугільного пласта: патент № 94174 Україна: МПК (2011.01) E 21 F 5/00 / Кольчик С.І., Волошина Н.І., Кучерук І.П., Коль-

чик А.Є.; заявник і власник патенту Інститут фізики гірничих процесів НАН України. – заявл. 11.01.10; опубл. 25.06.10, Бюл.№12.

4. Методические указания по определению эффективной поверхностной энергии горных пород. – Донецк: ИФГП НАНУ, 2009. – 20 с.

5. Влияния подземной разработки угольных пластов на смещения земной поверхности / Е.И. Кольчик, В.Н. Ревва, И.Е. Кольчик, К.К. Софийский, А.Е. Кольчик // Геотехническая механика, ИГТН. – 2008. – №74. – С.118 – 130.

Стаття надійшла до редакції 05.11.2012.

Рекомендовано до друку д-ром техн.наук М.М. Касьяном

А.Є. Кольчик

Інститут фізики гірничих процесів НАН України

В.Н. Ревва, Є.І. Кольчик

Донецький національний технічний університет

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПОРІДНОЇ КОНСОЛІ НАД ВИРОБЛЕНИМ ПРОСТОРОМ ПОЛОГИХ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ

У статті наведені результати спостережень за зміщеннями земної поверхні при її підробці. Встановлено, що попереду створу лави, що рухається, при наявності в масиві, що підробляється, потужних і міцних породних шарів можливе підняття земної поверхні.

На величину підняття земної поверхні чинять вплив швидкість посування лави, довжина породної консолі, міцність і потужність породного шару. Довжина породної консолі в основному залежить від величини ефективною поверхневою енергії і швидкості збільшення розтягувальних напружень в верхній частині породного шару. Зміною швидкості посування лави можна регулювати характер підняття земної поверхні.

A.Ye. Kolchik

Institute of Physics of Mining Processes NAS of Ukraine

V.N. Revva, Ye.I. Kolchik

Donetsk National Technical University

PECULIARITIES OF ROCK CONSOLE FORMATION ABOVE THE OPEN AREA OF FLAT COAL SEAMS

The paper provides the results of studying the earth surface displacement in the process of underworking.

We found out that the presence of thick and strong rock layers in the underworked rock mass can lead to the earth surface elevation ahead of the moving face alignment.

The degree of the earth surface elevation is influenced by the speed of face advancing, the length of a rock console, strength and thickness of a rock layer.

The length of a rock console is mainly dependent on the amount of effective surface energy and the speed of tension stress increase in the upper part of a rock layer.

The nature of the earth surface elevation can be influenced by changing the speed of face advancing.