

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КРИТЕРИЯ ВЫВАЛООБРАЗОВАНИЯ ПОРОД КРОВЛИ ОЧИСТНЫХ ЗАБОЕВ

ОКСАНА Ю. БЕЛОГУБ¹, ЛЕОНИД. Л. БАЧУРИН²

Рецензент статьи: Подкопаев С.В. д.т.н., профессор, ГВУЗ «ДонНТУ», Украина

РЕЗЮМЕ

В условиях залегания в основной кровле пласта мощных и достаточно прочных пород, которые зависая на большой площади, пригружают приконтурную часть пласта. При этом над опорным контуром пласта происходит интенсивное деформирование непосредственной кровли с раскрытием структурно-литологических трещин и образования таких новых систем, как трещины скола, отрыва, раздавливания. Неудовлетворительное состояние слабой вывалоопасной кровли в значительной степени усиливается наличием в горном массиве разных пликативных, дизъюнктивных нарушений, и особенно, соотношением мощностей и прочностных характеристик литологических отдельностей пород кровли, которые тяжело поддаются прогнозированию и предварительному выявлению. Вывалы пород непосредственной кровли в призабойное пространство приводят к значительным материальным затратам на ликвидацию их последствий и существенно снижают безопасность работ в лаве.

Для определения особенностей механизма вывалообразования пород непосредственной кровли в условиях отработки пластов «Шахты «Стаханова» были проведены визуальные наблюдения за поведением кровли в призабойном пространстве и замеры объемов вывалов. На основании, которых был получен критерий вывалоопасности пород кровли очистных забоев.

Во всех лавах в кровле угольного пласта наряду с трещинами кливажа, слоистости и микрослоистости образуются системы трещин: отрыва, сдвига и изгиба. После выемки полосы угля происходит упругопластическая деформация пород непосредственной кровли в виде прогиба в полость призабойного пространства и, таким образом, ранее сжатая нижняя часть каждого слоя пород кровли начинает испытывать растягивающие напряжения, что приводит к раскрытию трещин и формированию контура вывала, зачастую, еще над зоной отжима пласта.

Развитию вывала предшествует разуплотнение нижнего слоя пород непосредственной кровли вследствие его знакопеременного нагружения под действием повышенного горного давления на опорном контуре лавы. Значения величин

¹ Горный факультет, ГВУЗ «ДонНТУ», Украина, oxana.belogub@gmail.com

² Горно-технический факультет, ГВУЗ КИИ «ДонНТУ», Украина, llbachurin@gmail.com

напряжения и их месторасположение изменяется в зависимости от литологии пород и анизотропии. А размер зон с повышенной интенсивностью вывалов определяется в зависимости от мощности и физико-механических свойств пород кровли.

Таким образом, авторами были проанализированы характер вывалообразования пород кровли очистных забоев «Шахты» Стаханова» и предложен критерий вывалоопасности пород кровли. Рост количества трещин в массиве приводит к снижению его устойчивости и, соответственно, к повышению вероятности вывалообразования. Тогда как изменение литологии пород кровли имеет особенность: при минимальной мощности пород непосредственной кровли, она, в силу плохого межслоевого контакта, ведет себя как «ложна» кровля и отслаивается от основной кровли сразу после выемки угля. А при увеличении мощности непосредственной кровли она ведет себя более устойчиво, но к определенному моменту, когда соотношение литологических разностей кровли ($m_{нк} / m_{ок}$) достигает 0,15 происходит обратное действие и вероятность вывалообразования снова растет.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

напряженно-деформированное состояние, очистной забой, непосредственная кровля, вывал

ВВЕДЕНИЕ

Как известно, горные породы являются анизотропными, поэтому их механические свойства отличаются как по площади наложения так по мощности пласта. По мнению В.И. Кравченко [1] эта анизотропность объясняется как свойствами самого материала, так и условиями отложения и образования различных слоев.

Слоистость и трещиноватость приводят к уменьшению предела прочности на растяжение и ухудшению прочностных характеристик пород. При этом установлено [1], что чем выше удельная трещиноватость, тем ниже являются указанные характеристики. Одним из факторов, влияющих на устойчивость и определяющих характер обрушения пород кровли, является слоистость. Устойчивость и характер обрушения определяется не общей мощностью кровли, а мощностью отдельных ее слоев: чем слабее связь между слоями и меньше их мощность, тем легче они обваливаются.

В условиях залегания в основной кровле пласта мощных и достаточно прочных пород, которые зависая на большой площади, пригружают приконтурную часть пласта. При этом над опорным контуром пласта происходит интенсивное деформирование непосредственной кровли с раскрытием структурно-литологических трещин и образования таких новых систем, как трещины скола, отрыва, раздавливания. Неудовлетворительное состояние слабой вывалоопасной кровли в значительной степени усиливается наличием в горном массиве разных плекативных, дизъюнктивных нарушений, и особенно, соотношением мощностей и прочностных характеристик литологических отдельностей пород кровли, которые тяжело поддаются прогнозированию и предварительному выявлению. Вывалы пород непосредственной кровли в призабойное пространство приводят к значительным материальным затратам на ликвидацию их последствий и существенно повышают опасность работ в лаве.

В условия хглубоких шахт Донбасса площадь вывалов составляет до 50–60%поверхностикровли по площади выемочного поля при средней высоте 0,7–1,2 м. Продолжительность простоев, связанных с ликвидацией последствий вывалов,

превышает 50–60% суммарной продолжительности нетехнологических простоев [2], а средний коэффициент смертности при обрушении пород кровли составляет 0,6. В большинстве случаев вывалы наблюдаются в лавах при наличии ложной кровли или слабых пород непосредственной кровли с $\sigma_{сж}=15\text{--}40$ МПа. В очистных забоях, где происходят вывалы пород кровли, производительность труда горнорабочих снижается на 35–85%, а зольность добываемой горной массы возрастает на 2–5% сверхпланового уровня. В результате снижения качества товарной продукции значительно уменьшается прибыль предприятия [3].

Ранее авторами [4] было установлено, что на количественные показатели критерия вывалообразования в большей степени влияют: эффективная поверхностная энергия пород кровли, скорость подвигания очистного забоя, долговечность пород кровли при обнажении, наличие зон ПГД в выемочном поле лавы, наличие в кровле пласта естественной плоскости расслоения в виде слоев угля или резкого контакта слоев пород различных литологических разностей, ориентирование естественной системы трещин в направлении забоя, изменение литологии пород кровли над забоем.

При чем оказалось, что такой показатель, как глубина ведения очистных работ не имеет существенного влияния на формирование полости вывала в кровле очистного забоя.

Поэтому, с учетом вышесказанного, предлагаемый в критерий вывалоопасности пород кровли имеет вид:

$$K_{выв} = \frac{k \cdot \gamma \cdot N \cdot h}{\sqrt{\frac{E \gamma_s}{b} \cdot v \cdot \frac{m_{нк}}{m_{ок}} \cdot T}} \quad (1)$$

где

k – значение коэффициента концентрации горного давления;

γ – значение объемного веса пород кровли, Н/м³;

N – количество трещин на м² кровли, шт;

h – расстояние от мощного слоя основной кровли к обнажению в очистном забое, м;

T – долговечность пород кровли при обнажении, сутки;

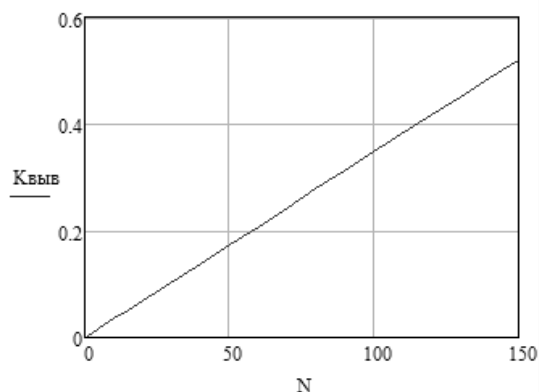
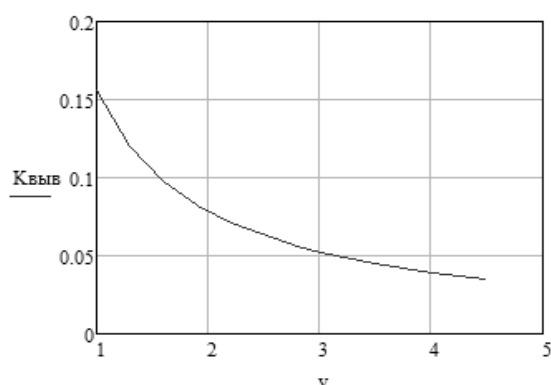
b – расстояние между берегами трещин, м;

E – модуль Юнга, ГПа;

γ_s – поверхностная энергия, Дж/м²;

v – скорость подвигания очистного забоя, м/сут;

$\frac{m_{нк}}{m_{ок}}$ – отношение мощностей пород непосредственной и основной кровель.



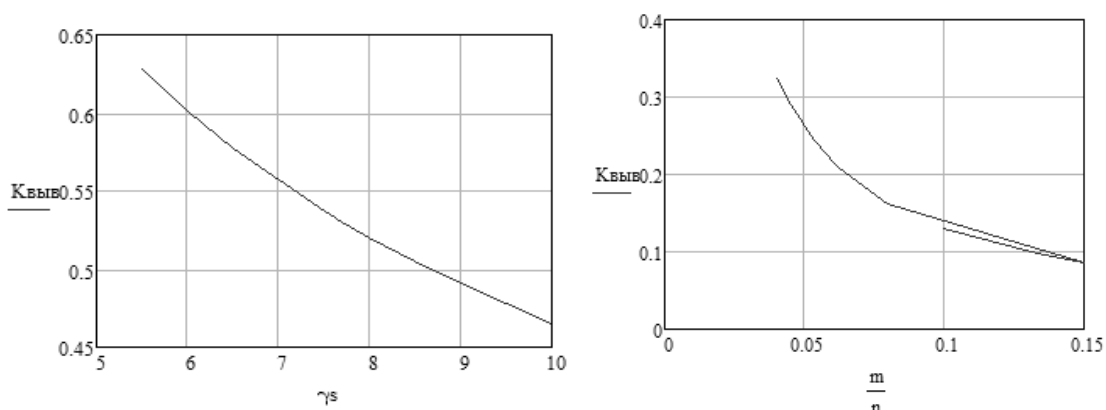


Рисунок. 1. Графики зависимости критерия вывалообразования от скорости подвигания очистного забоя (v), количества трещин (N), эффективной поверхностной энергии (γs), изменения литологических разностей кровли ($\frac{m_{nk}}{m_{ok}}$)

Figure 1. Plots of dependence criterion of inrush formation from rate of longwall traverse (v), the number of fracture (N), the effective surface energy (γs), lithological roofs changes (m/n)

Приведенные графики иллюстрируют зависимость критерия вывалообразования от основных составляющих. Да, разумеется, что рост трещин в массиве приводит к снижению его устойчивости и, соответственно, к повышению вероятности вывалообразования.

Тогда как изменение литологии пород кровли имеет особенность: при минимальной мощности пород непосредственной кровли ($m_{нк}/m_{ок} < 0,05$), она, в силу плохого межслоевого контакта, ведет себя как «ложна» кровля и отслаивается от кровли сразу после выемки угля. А при увеличении мощности непосредственной кровли она ведет себя более устойчиво, но к определенному моменту. Когда соотношение литологических разностей кровли ($m_{нк}/m_{ок}$) достигает 0,15 происходит обратное действие и вероятность вывалообразования снова растет.

Поэтому, учитывая указанные изменения, было получено:

$$\begin{aligned}
 k &:= 1.5 & v &:= 0.3 \\
 \gamma &:= 2.4530 & T &:= 0.2 \\
 h &:= 12 & m &:= 0.3 \\
 N &:= 150 & n &:= 12 \\
 E &:= 9 \cdot 10^9 & b &:= 0.001 \\
 \gamma s &:= 8 \\
 \sqrt{\frac{E \cdot \gamma s}{b}} &= 8.485 \times 10^6 \\
 K_{\text{выв}} &:= \frac{k \cdot \gamma \cdot N \cdot h}{\sqrt{\frac{E \cdot \gamma s}{b}} \cdot v \cdot T \cdot \frac{m}{n}} \\
 K &= 0.52
 \end{aligned}$$

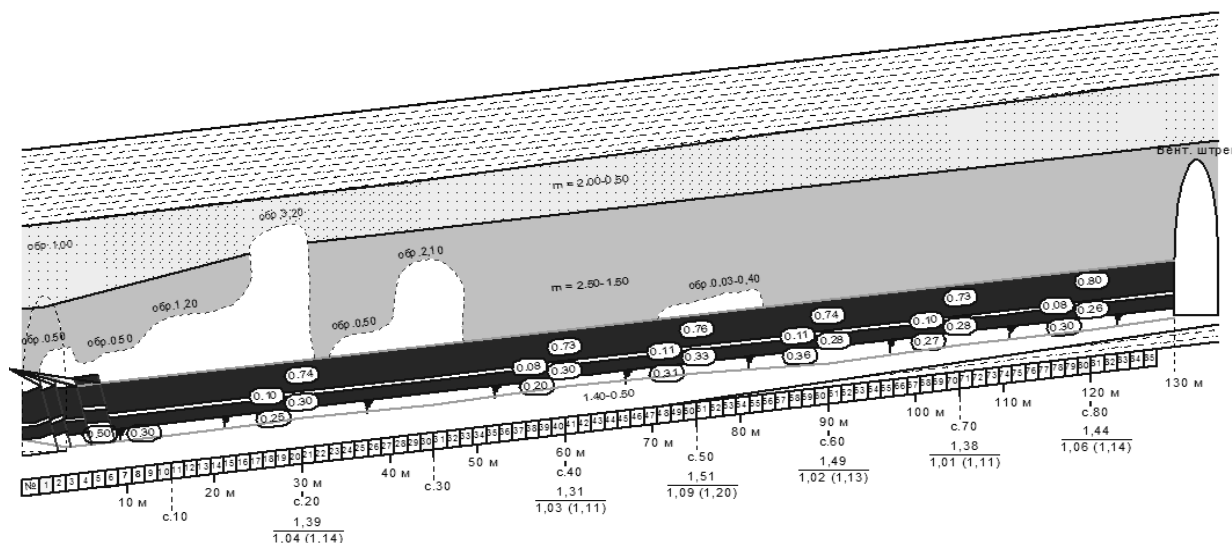


Рисунок 2. Геологический разрез по 4-й южной лаве пласта l_1 при отходе лавы от разрезной печи на 862 м.

Figure 2. Geological cross section through 4 southern longwall coalseam l_1 during the withdrawal of longwall from the beginning of site at 862 m.

Таким образом, авторами были проанализированы характер вывалообразования пород кровли очистных забоев ОП «Шахты «Стаханова» и предложен критерий вывалоопасности пород кровли. Для условий «Шахты» Стаханова этот критерий составил 0,52. Это означает, что вывалы пород кровли происходят довольно часто, что и подтверждают проведенные натурные наблюдения (рис. 2).

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Кравченко В.И., *Предупреждение завалов очистных забоев*. // В. И. Кравченко – М.: Недра, 1970–200 с.
- [2] Проскуряков Н. М., *Управление состоянием массива горных пород* // Н. М. Проскуряков – М.: Недра, 1991 – 368 с.
- [3] Грядущий Ю. Б., *Геомеханические основы управления вывалоопасными кровлями в очистных забоях* / Автореферат на соискание уч. степени доктора технических наук. – Днепропетровск, 1997. – 35с.
- [4] Белогуб О.Ю., *Критерій вивало небезпечності поріднок рівліочисних вибоїв глибоких шахт*. // О. Ю. Белогуб, Г.И. Соловьев, Я.О. Ляшок // *Зб. матеріалів V регіональної наук.-практ. конф. «Дні науки-2013»*, 23 травня 2013. – Красноармійськ: КПДОНТУ, 2013 р. Т.1. – с. 52-55.

PARTICULAR QUALITIES OF CRITERION OF INRUSH FORMATION ROOF ROCKS IN THE COMPLEX-MECHANIZED LONGWALLS

O.I. BILOGUB³, L.L. BACHURIN⁴

Reviewed by: Podkopaev S.V., PhD – DonNTU, Ukraine

INTRODUCTION

Thick and robust rocks lying in the main roof of coal seam load the contour of the seam. At the same time, intense deformations of immediate roof are taking place above the supporting contour of the seam. These deformations lead to disclosure of the structural and lithological cracks and creating such new crack systems: of cleavage, of separation, of crushing. The unsatisfactory condition of weak and falling dangerous roof greatly enhanced by the presence in the mountainous array of different multiplicative, disjunctive dislocations and, in particular, because of ratio of thickness and strength characteristics of the lithological individual breeds of the roof which are difficult to predict. The falling immediate roof rocks in bottom-hole space lead to significant material costs for the liquidation of their consequences and substantially increase the risk of work in the longwall.

EXPERIMENTAL METHODS

Visual observations of the roof's behavior in the near face area were carried out and the data which has been took while geological surveying of dumped roof rocks was analyzed to determine singularities of the mechanism of falling of the immediate roof rocks in coal seams at «Stakhanov's mine». Measurements of the volume of roof rocks falling were made and on the basis of them a criterion of inrush formation roof rocks was investigated.

RESULTS AND DISCUSSION

The falling rocks of immediate roof in bottom-hole space lead to significant material costs for the liquidation of their consequences and substantially increase the risk of work in the longwall. Hereby, using developed criterion of inrush formation roof rocks we can prevent falling roof rocks in the longwall.

CONCLUSIONS

Thus, the authors have analyzed the nature of falling roof rock in coal seams at «Stakhanov's mine». The criterion of inrush formation roof rocks in the complex-mechanized longwalls has been based on this analyzes. The growth of crack content in the array leads to a reduction in resistance and, accordingly, increase the likelihood falling roof rock. Besides, the change of roof rock lithology has a singularity: the minimum thickness of the rocks immediate roof, because of bad interlayer contact, acting as a "false" roof and falls from the main roof after coal extraction. And with increasing the thickness of immediate roof, it behaves more stable, but to a certain point, when the ratio of lithological roof (m/n) reaches 0.15 is the opposite effect and the likelihood of inrush formation roof rocks rising again.

These measures contribute the minimization of adverse effect of raised rock pressure on the longwall and help us to make miner's work more safety.

³ Mining faculty, DonNTU, Ukraine, oxana.belogub@gmail.com

⁴ Mining technical faculty, KIIDonNTU, Ukraine, llbachurin@gmail.com

KEYWORDS

stress-strain state, longwall, immediate roof, fall of rocks