

УДК 622. 831

## ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ГОРНОМ МАССИВЕ НА СОПРЯЖЕНИЯХ ЛАВА-ШТРЕК

**Домарев В. И.**, ведущий научный сотрудник

(Донецкий научно-исследовательский угольный институт  
Министерства образования и науки Донецкой Народной Республики)  
г. Донецк, ДНР

*Выполнен анализ геомеханических процессов в горном массиве на сопряжениях лава-штрек. В ходе анализа установлено, что до настоящего времени не разработаны рекомендации по креплению концевых участков лав. Такие рекомендации должны учитывать сложный горно-геологический характер горного массива и базироваться на научных концепциях о формировании напряжений.*

**Ключевые слова:** геомеханические процессы, концевые участки, сопряжение, лава-штрек, крепь.

Геомеханические процессы, в горном массиве на сопряжениях лава-штрек, имеют некоторые особенности по сравнению с проявлениями горного давления в средней части очистного забоя [1]. Изучение этих особенностей позволит установить закономерности протекания процессов в горном массиве и разработать новые, а так же усовершенствовать существующие средства крепления очистных забоев.

К сожалению, наряду с детальным изучением и определением основных параметров механизма деформирования боковых пород на контуре очистных и подготовительных выработок до настоящего времени не рассматривалась общая геомеханическая картина деформирования горного массива на концевом участке лавы ввиду значительной сложности данной проблемы.

Обрушение кровли зависит от многих факторов, обусловленных строением и физико-механическими характеристиками пород, технологией ведения работ, средствами выемки угля и крепления забоя. На состояние кровли в зоне сопряжения очистной выработки с подготовительной оказывают влияние способы подготовки и размеры ниши, средства охраны подготовительных выработок, параметры расположения очистного забоя в плоско-

сти пласта и др. Воздействие каждого из этих факторов на устойчивость кровли изучено пока недостаточно.

Среди имеющегося небольшого количества работ по вопросам повышения устойчивости пород на концевых участках лав наиболее глубокие исследования выполнили Грядущий Ю. Б. [2, 3, 4, 5], Жданкин Н. А. и Жданкин А. А. [6], Зубов В. П. [7, 8, 9], Сохацкий В. П. [10], Широков А. П. с соавторами [11, 12] и другие исследователи.

В работе Колоколова О. В., Кузьменко А. М. и Лубенец Н. А. [13], где с помощью метода конечных элементов моделировалось горное давление на концевых участках лавы, отмечается, что уменьшение проявлений горного давления на концевых участках лавы осуществляется путем очистной выемки от штрека к середине лавы.

На рис. 1 представлена эпюра напряжений в кровле пласта, согласно которой размеры концевого участка лавы с концентрацией горного давления составляют около 24 м [13], что подтверждается наблюдениями Якоби О. [14]. Зона влияния технологического уступа распространяется вдоль забоя на 8–10 м впереди и на 16–18 м позади уступа (рис. 1).

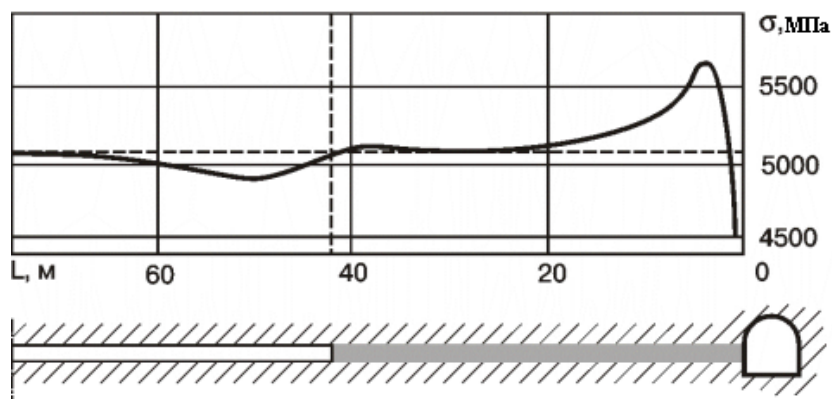


Рис. 1. Эпюра напряжений в кровле пласта по сечению вдоль лавы

Коэффициент концентрации напряжений в пике опорного давления не превышает 1,05, что обусловлено малыми размерами уступа, раздавливанием массива в зоне его влияния и проявлениями пластических свойств, присущих этому состоянию пород. Влияние подготовительной выработки на напряженное состояние массива более существенно. Коэффициент концентрации напряжений в пике опорного давления от влияния подготовительной

выработки в выбранном сечении составляет около 1,2, а за пределами зоны влияния обрабатываемого столба – 2. Размеры зоны опорного давления не превышают 24 м.

Однако влияние подготовительной выработки или технологического уступа несопоставимо с влиянием выработанного пространства, обрабатываемого и смежного выемочных столбов. Коэффициенты концентрации напряжений в пике опорного давления составляют 5,5, что в несколько раз превышает концентрацию напряжений, привносимую уступом и подготовительной выработкой. Под влиянием этого фактора горный массив, примыкающий к забою, переходит в пластическое состояние и разрушается.

Для проверки результатов моделирования были проведены натурные наблюдения в 840-й лаве пласта  $c_8''$  шахты «Терновская» [13]. Где установлен сложный характер проявления горного давления в призабойном пространстве у технологического уступа. Наряду с горно-геологическими и горнотехническими условиями отработки пласта существенное влияние оказывает скорость выемки и расстояние от штрека до технологического уступа.

В период наблюдений по техническим и технологическим причинам комбайн часто останавливали, что усложнило определение закономерностей проявления давления. Вместе с тем, шахтными наблюдениями подтверждены результаты моделирования: с уменьшением расстояния до замерной станции скорость конвергенции боковых пород монотонно возрастает, причем максимальное ее значение находится за выемочным органом комбайна, при отходе – монотонно убывает.

На шахте им. Лутугина объединения «Торезантрацит» в течение 16 мес. исследовалось состояние пород кровли на концевых участках лав в целях определения степени влияния технологии ведения очистных работ на устойчивость пород [15].

В результате получена зависимость смещений пород кровли от времени при различной технологии производственных процессов на концевых участках 29-й восточной лавы пласта  $h_8$  (рис. 2) [15]: выемка ниш с помощью БВР (кривая *a*), зарубка комбайна способом «косых заездов» (кривая *б*), передвижка приводной головки (кривая *в*).

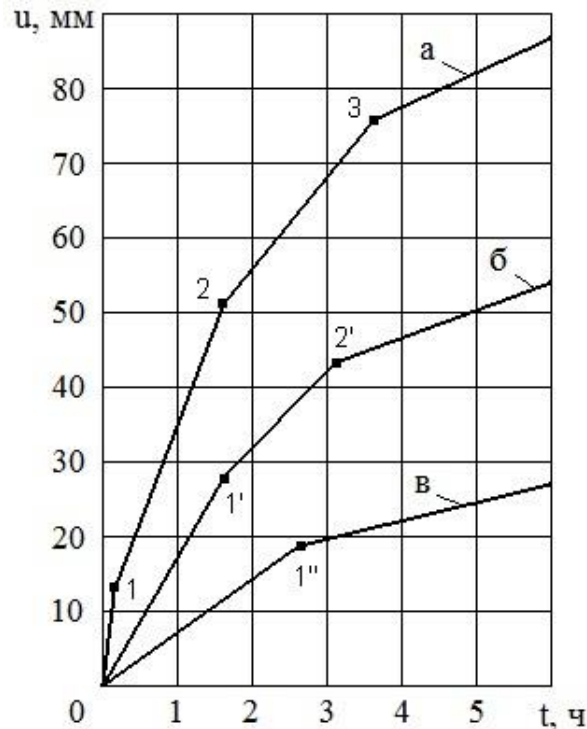


Рис. 2. Кривые смещений кровли в 29-й восточной лаве пласта  $h_8$  при различных технологических процессах на концевых участках

В ходе ведения взрывных работ (кривая а) в нише за короткий промежуток времени образуется значительная обнаженная площадь кровли ( $8\text{--}12\text{ м}^2$ ), при этом происходит интенсивное смещение ее нижних слоев (отрезок 0–1). Скорость смещения достигает  $0,5\text{ мм/мин}$ , абсолютные смещения  $10\text{ мм}$ . В дальнейшем вследствие реологических свойств пород процесс сдвижения затухает, темп снижается до  $0,3\text{ мм/мин}$ . Этот период (отрезок 1–2) определяется временем погрузки угля и установки постоянной крепи.

После установки крепи (отрезок 2–3) величина смещений резко снижается, но зависит от несущей способности крепи и времени, необходимого для достижения ее максимального отпора. После завершения выемки ниши и крепления лавы смещение кровли стабилизируется и зависит от податливости крепи.

Когда применяется самозарубка комбайна в пласт (кривая б), условия поддержания кровли на концевом участке лавы более благоприятны, так как обнажение кровли происходит на небольших площадях с малой скоростью. В процессе работы комбайна (отрезок 0–1') на смещение кровли влияют прочностные свойства пород и расстояние от места выемки угля до установки постоянной крепи. Кровля опускается со скоростью

0,3 мм/мин, величины смещений достигают 30 мм. После передвижки секций крепи и нагружения их (отрезок 1'–2') скорость смещения снижается, а время достижения максимального отпора крепи сокращается на 30–50 мин. Это объясняется меньшим первоначальным опусканием кровли и достаточно высоким первоначальным сопротивлением механизированной крепи. В дальнейшем смещения кровли стабилизируются и зависят от свойств пород и отпора крепи. Такая технология работ и установка секции крепи на концевых участках лав способствуют повышению нагрузки на очистной забой.

При передвижке приводных головок смещения кровли незначительны (кривая в) и можно предположить, что породы находятся в относительном равновесии. В начальный момент времени (отрезок 0–1") скорость смещения несколько выше, что обусловлено уменьшением плотности крепи в результате извлечения стоек, препятствующих перемещению приводной головки конвейера. Смещения стабилизируются после восстановления крепи.

При наличии неустойчивой кровли или недостаточной несущей способности крепи смещения могут превысить значения предела прочности на разрушение и повлечь за собой вывалообразование и обрушение пород в рабочее пространство очистного забоя.

Для сравнения в 29-й восточной лаве пласта  $h_8$  были также проведены исследования при упрочнении пород полиуретановыми смолами. Наблюдения показали, что упрочнение повышает устойчивость кровли – абсолютные смещения уменьшаются в 2–4 раза, а скорости опускания в 1,5–2 раза. Таким образом, опускание кровли не превышает критических, чем обеспечивается устойчивость пород на концевых участках очистных забоев.

Опыт упрочнения пород полиуретаном показал, что такой способ управления вывалообразованиями позволяет уменьшить смещения кровли и может рассматриваться как один из перспективных вариантов предупреждения вывалов на концевых участках лав.

В свете перечисленных задач, с учетом значительных трудностей определения в натуральных условиях параметров напряженно-деформированного состояния горных пород и прочностных характеристик крепи и опорных конструкций, наиболее целесо-

образным решением данной проблемы является математическое моделирование геомеханических процессов в окрестности концевых участков лав с применением методов граничных элементов или конечных элементов.

Построение математических моделей, в системе «лава–штрек», требуется для оптимизации количественных и качественных параметров мероприятий, направленных на повышение устойчивости боковых пород.

Таким образом, в управлении горным давлением на сопряжениях «лава–штрек» в сложных горно-геологических условиях, до настоящего времени не решены вопросы обоснования рациональных параметров технологических схем управления кровлей и крепления концевых участков очистных забоев. При построении геомеханических моделей должны быть учтены следующие элементы системы: горные породы, приконтурная часть угольного пласта, крепь, опорные конструкции сопряжений.

### Библиографический список

1. Антипов, И. В. Оценка протяженности концевых участков лав по критерию ускорения конвергенции вмещающих пород [Текст] / И. В. Антипов // Проблемы недропользования. – Екатеринбург: ИГД УрО РАН. – 2015. – № 4(7). – С. 54–58.
2. Грядущий, Ю. Б. Геомеханические основы управления вывалоопасными кровлями в очистных забоях [Текст]: автореф. дис. ... д-ра тех. наук: 05.15.02 / Грядущий Юрий Борисович; Государственная горная академия Украины. – Днепропетровск, 1997. – 35 с.
3. Грядущий, Ю. Б. Обоснование способов повышения устойчивости кровли в очистном забое при периодическом характере проявления горного давления [Текст]: автореф. дис. ... кан. тех. наук: 05.15.02 / Грядущий Юрий Борисович; Московский горный институт. – М., 1993. – 12 с.
4. Грядущий, Ю. Б. Геомеханические основы управления вывалоопасными кровлями в очистных забоях [Текст] / Ю. Б. Грядущий // К.: Техніка, 1998. – 100 с.
5. Грядущий, Ю. Б. Система геомеханической оценки вывалоустойчивости кровли в очистных забоях [Текст] / Ю. Б. Грядущий // Донецк: ЦБНТИ, Геомеханическая оценка и обеспечение устойчивости кровель в очистных забоях. – 1997. – С. 12–15.
6. Жданкин, Н. А. Геомеханика горных выработок. Сопряжение лава–штрек [Текст] / Н. А. Жданкин, А. А. Жданкин // – Новосибирск: Наука,

1990. – 112 с.

7. Зубов, В. П. Борьба с вывалами пород кровли на концевых участках лав при отработке пластов на больших глубинах [Текст] / В. П. Зубов // – Уголь №12. – 1985. – С. 22–25.

8. Зубов, В. П. Влияние горнотехнических факторов на интенсивность вывалов в лавах [Текст] / В. П. Зубов // Уголь №11. – 1986. – С. 17–19.

9. Зубов, В. П. Особенности управления горным давлением в лавах на больших глубинах разработки [Текст] / В. П. Зубов // СПб: Изд-во Ленинградского университета. – 1990. – 224с.

10. Сохацкий, В. П. Устойчивость пород кровли на концевых участках лав [Текст] / В. П. Сохацкий // Уголь Украины. – 1987. – №9. – С. 10–11.

11. Широков, А. П. Крепление сопряжений лав [Текст] / А. П. Широков, В. А. Лидер, А. И. Петров // М.: Недра, 1987. – 192 с.

12. Широков, А. П. Расчет и выбор крепи сопряжений горных выработок [Текст] / А. П. Широков, Б. Г. Писляков // М.: Недра, 1988. – 214 с.

13. Колоколов, О. В. Управление напряженно-деформированным состоянием массива горных пород на концевых участках лавы [Текст] / О. В. Колоколов, А. М. Кузьменко, Н. А. Лубенец // Уголь Украины. – 1995. – №1. – С. 13–16.

14. Якоби, О. Практика управления горным давлением [Текст] / О. Якоби // М.: Недра, 1987. – 568 с.

15. Сироткин, Ю. С. Оценка напряженного состояния опорных контуров лав [Текст] / Ю. С. Сироткин, К. И. Горохов // Уголь №9. – 1986. – С. 15–17.

### **Domarev V. I.**

(Donetsk research institute of coal mining of the Ministry of Education and Science of the Donetsk People`s Republic) Donetsk, DPR

### **GEOMECHANICAL PROCESSES OF THE GROUND AT LONGWALL FACE–DRIVE INTERSECTION**

*Geomechanical processes of the ground at longwall face–drive intersection have been analysed. During the analysis it was found that so far no recommendations have been developed for fastening the end sections of longwall faces. Such recommendations should take into account the complex mining and geological conditions of rock mass and should be based on scientific concepts on stress generation.*

**Keywords:** geomechanical processes, face-ends, intersection, face-drive, lining.