

ГЕОТЕХНОЛОГИЯ (ПОДЗЕМНАЯ, ОТКРЫТАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ)

DOI: 10.26730/1999-4125-2021-2-83-92

УДК 622.001.5: 622.063.542.016.62(25:181)

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДЛИНЫ ЛАВЫ И СКОРОСТИ ПОДВИГАНИЯ ЛАВЫ НА ОСНОВНЫЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ОЧИСТНЫХ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ЗАБОЯХ

ESTIMATION OF THE INFLUENCE OF THE LAVA LENGTH AND THE VELOCITY OF LAVA MOVEMENT ON THE BASIC GEOMECHANICAL PROCESSES IN TREATMENT MECHANIZED SLOTS

Разумов Евгений Анатольевич¹

директор, e-mail: vnimi@inbox.ru

Evgeny A. Razumov¹, Director

Калинин Степан Илларионович¹

доктор техн. наук, директор по перспективному развитию

Stepan I. Kalinin¹, Dr. Sc. in Engineering, Director for Prospective Development

Лупий Михаил Григорьевич²

канд. техн. наук, профессор

Mikhail G. Lupiy², C. Sc. in Engineering, professor

Пудов Евгений Юрьевич²

канд. техн. наук, директор

Evgeny Y. Pudov², C. Sc. in Engineering, director

¹ Сибирский филиал АО ВНИМИ пр. Гагарина, 24, г. Прокопьевск, Кемеровская область, 653004, Россия

¹ Northern Branch JSC VNIMI pr. Gagarina Ave. 24, Prokopievsk, Kemerovo region, 653004, Russia

² Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

² T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28, Vesennyaya St., Kemerovo, 650000, Russian Federation

Аннотация:

В статье приведены результаты оценки существующих в настоящее время методов расчета длины механизированных лав при высокопроизводительной отработке угольных пластов подземным способом. При этом рассмотрены в основном наиболее существенные методы, учитывающие такие факторы как минимальные удельные приведенные затраты на подготовку и отработку выемочных столбов, оптимальная производительность очистного забоя, особенности проявления горного давления, технические возможности очистного выемочного комбайна и скорость подачи комбайна при выемке угля.

Из существующих методов рекомендован к практическому использованию метод определения длины механизированной лавы по заданной производительности очистного забоя и технической возможности очистного выемочного комбайна. Зависимости скорости подачи комбайнов от сопротивления угля резанию рассмотрены при этом для группы комбайнов, выпускаемых в настоящее время с наиболее представленными показателями по установленной мощности их привода. Данный метод определения требуемой длины лавы основан на использовании показателей заданной производительности очистного забоя и скорости подвигания лавы за сутки, в связи с чем считается относительно сложным, но сам подход к данному вопросу выбран правильным.

На основе установленных методических положений разработаны рекомендации по выбору

рациональной длины и скорости подвигания очистного забоя комплексно-механизированной лавы при высокопроизводительной отработке запасов пласта 50 в условиях шахты им. В.Д. Ялевского ОАО «СУЭК-Кузбасс».

В целях установления фактической эффективности, возможности практического использования и расширения области применения данного метода требуется проведение объёмных шахтных и лабораторных исследований в различных горно-геологических условиях разработки угольных запасов.

Ключевые слова: методы расчёта, длина лавы, заданная производительность, скорость подвигания комбайна, оптимальный метод, практические рекомендации метода.

Abstract:

The article presents the results of an assessment of the currently existing methods for calculating the length of mechanized longwalls in high-performance mining of coal seams by the underground method. At the same time, mainly the most significant methods are considered, taking into account such factors as the minimum specific reduced costs for the preparation and development of excavation pillars, the optimal performance of the working face, the features of the manifestation of rock pressure, the technical capabilities of the shearer and the feed rate of the shearer when extracting coal.

Of the existing methods, the method for determining the length of a mechanized longwall for a given production face and the technical capability of a longwall shearer is recommended for practical use. The dependences of the feed rate of the combines on the resistance of coal to cutting are considered for a group of combines currently being produced with the most presented indicators for the installed power of their drive. This method for determining the required longwall length is based on the use of indicators of a given production face and a longwall advance rate per day, and therefore it is considered relatively difficult, but the approach to this issue itself was chosen correctly.

On the basis of the established methodological provisions, recommendations have been developed for the choice of a rational length and speed of movement of a working face of a complex-mechanized longwall with high-performance development of reserves of seam 50 in the conditions of the mine named after V.D. Yalovsky JSC SUEK-Kuzbass.

In order to establish the actual efficiency, the possibility of practical use and expand the field of application of this method, it is required to carry out volumetric mine and laboratory studies in various mining and geological conditions of the development of coal reserves.

Key words: calculation methods, longwall length, specified productivity, speed of the harvester advance, optimal method, practical recommendations of the method.

При отработке угольных пластов подземным способом безопасность работ определяется, в основном, площадью обнажения кровли пласта и интенсивностью её обнажения. Обнажённая площадь пород кровли пластов при их отработке зависит от длины лавы (l_l) и скорости ее подвигания - ($v_{п.л}$). Скорость подвигания лавы характеризует интенсивность обнажения кровли. Медленное или быстрое обнажение кровли, ускоряет или замедляет процессы обрушения пород кровли тем самым, повышает или снижает величину и характер проявления горного давления в процессе выемки угольного пласта [1-10].

Площадь обнажения, при которой породы обрушаются, представляет собой "критическую" площадь ($S_{кр}$), величина для разных типов пород критической площади обнажения является разной, она зависит так же от многих других факторов

$$S_{кр} = l_l \cdot v_{п.л} \quad (1)$$

где:

l_l - длина лавы, м;

$v_{п.л}$ - скорость подвигания лавы, м/сут.

Стоит отметить, что утверждённых нормативных документов, руководств и методик с

рекомендациями по выбору длины лав и скоростей подвигания лав в настоящее время не имеется.

В "Прогрессивных технологических схемах" разработки пластов на угольных шахтах [8] отмечается, что длина лав должна приниматься для очистных механизированных забоев не менее 150-220 м. Практически длину лав рекомендуется принимать максимально возможную для конкретных горно-геологических условий.

Разработанные методы расчета длины лав для отработки угольных пластов длинными очистными забоями используют следующие факторы [13]:

- Расчёт по обеспечению рациональной производительности очистного забоя;
- Расчёт по минимальным приведённым затратам на подготовку и отработку выемочных столбов;
- Расчёт по геомеханическим факторам, включающим в первую очередь опасность проявления горного давления.

Сущность указанных методов расчёта представлена графиками на рис.1-5:

1. По минимальным удельным приведённым затратам на подготовку и отработку выемочных

столбов;

2. По оптимальной производительности очистного забоя;
3. По фактору проявления горного давления;
4. По фактору технической возможности выемочного комбайна;
5. По факторам скорости и длины лавы и скорости подачи комбайна при выемке угля.

При оценке существующих методов расчёта длины лавы использовались результаты длительных наблюдений за отработкой угольных пластов на шахтах Кузбасса [11-13].

Связь длины лавы и приведённых удельных затрат представлена на рис. 1. С ростом длины лавы удельные приведённые затраты возрастают по параболической зависимости. Графики характеризуются наличием экстремальных участков, за пределами которых удельные приведённые затраты начинают резко возрастать. То есть оптимальная длина лав для большинства отечественных и импортных комплексов изменяется в пределах 120- 200 м.

По фактору производительности очистного забоя при отработке пластов мощностью 3,5-3,7 м механизированным комплексом с рабочим сопротивлением около 1000 кН/м² длина лавы может приниматься от 170 м до 240 м.

$$170 \text{ м} \leq l_{\text{л}} \leq 240 \text{ м} \quad (2)$$

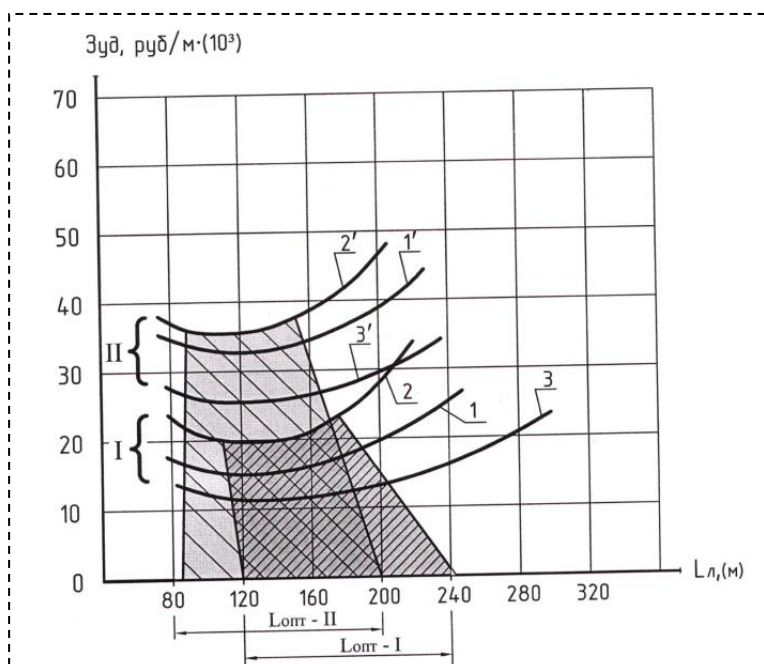


Рис. 1. Зависимость удельных приведенных затрат на подготовку и отработку выемочных столбов с разной длиной лав:

- 1, 2, 3 -графики для комплексов соответственно 2УКП-5, 4КМ-130, КМ-142 при шифре активной кровли (3.1.3);
 1', 2', 3' -для комплексов 2УКП-5, 4КМ-130, КМ-142 при шифре кровли (3.3.3);
 Lопт - I - зона оптимальных длин лав для кровель (3.1.3),
 Lопт - II - для кровель (3.3.3)

На рис.3 представлены графики зависимости длины лавы от проявления горного давления в очистном забое.

Длина лав, где проводились наблюдения, были разбиты на три группы (рис.3а)

$$\begin{aligned} l_{\text{л}} &\leq 120 \text{ м}, \\ l_{\text{л}} &\leq 160 \text{ м}, \\ l_{\text{л}} &\leq 200 \text{ м}, \end{aligned} \quad (3)$$

Из представленного графика (рис. 3а) видно, что при любой длине лавы горное давление по ее длине распределяется по единой закономерности:

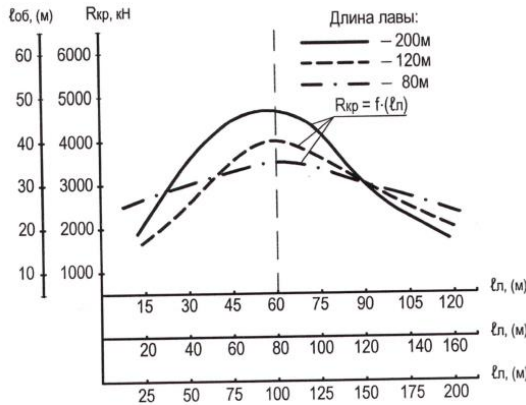
- В центральной части лавы формируются максимальные значения горного давления;
- На участках лав, примыкающих к выемочным выработкам, величина горного давления значительно снижается, достигая минимальных значений не- посредственно у выемочных выработок.

Установлено, что с увеличением длины лавы в одних и тех же горно-геологических условиях снижается шаг обрушения активной кровли пласта, увеличивается величина горного давления в средней части лавы, а также изменяются параметры зоны опорного давления и геомеханические процессы, происходящие в ней.

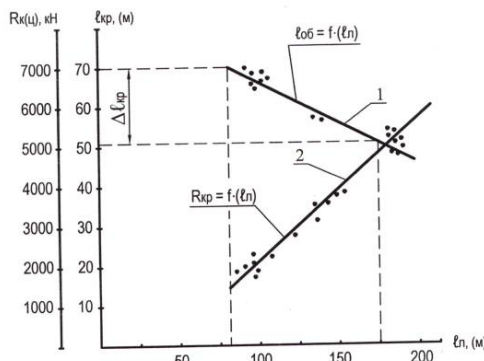
Из графиков рис.3б видно, что при увеличении длины лавы с 75 м до 175 м шаг обрушения активной кровли пласта снизился с 70 м до 52 м, а давление пород кровли в центре лавы увеличилось с 1800 кН до 5100 кН.

Распределение давления обрушенных пород на почве отработываемого пласта позади очистного забоя происходит по линиям равного давления, график распределения линий равного давления на почве пласта представлен на рис.4. Линии равного давления обрушенных пород на почве пласта позади очистного забоя при отработке пласта III (верхний слой) в условиях шахты им. В.И. Ленина, формируются на следующих расстояниях от контура выемочного столба:

- 1 - Линия давления с минимальным давлением 0,3-0,5 МПа;
- 2 - Линия давления с минимальным давлением 0,6-0,7 МПа;
- 3 - Линия давления с минимальным давлением 0,7-1 МПа;
- 4 - Линия давления с минимальным давлением 1,2-2,5 МПа;



а) Измерение давления на крепь по длине лавы (Пласт IV-V, шахта им. В.И. Ленина)



б) зависимость шага обрушения кровли (1) и реакции крепи в центре лавы (2) от длины лавы

Рис.3. Графики изменения проявления горного давления в лавах с разной длиной:

$R_{кр}(l)$ - реакция крепи в центральной части лавы, кН;
 l_l - длина лавы, м;
 $l_{кр}$ - шаг осадки активной кровли пласта;
 Δl_l - изменение шага осадки активной кровли, м.

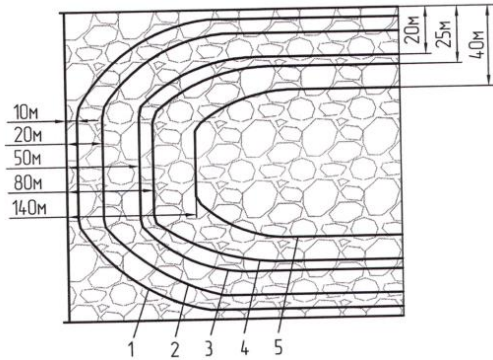


Рис.4. Линии равного давления обрушенных пород на почве пласта III (Уголь межслоевой пачки и уголь нижнего 2-го слоя) позади очистного забоя верхнего слоя.

МПа;

5 - Линия давления с минимальным давлением 2,5 МПа до γH .

Давление обрушенных пород на почву отработываемого пласта распределяется неравномерно: у краевых частей пласта давление отсутствует, с удалением к центру

отрабатываемого столба и в отработанное пространство оно возрастает, не достигая значений γH .

На рис.5 представлен график изменения давления обрушенных пород кровли пласта III на почву верхнего слоя в отработанном пространстве по простиранию пласта.

Давление обрушенных пород на почву пласта появляется на расстоянии 10 м от забоя и далее нарастает по мере удаления от забоя до стабилизации.

Наименьшие давления наблюдаются на участках, удалённых от линии очистного забоя и краевых частей пласта на 10-20 м, здесь давление не превышает $0,15 \gamma H$; В средней части лавы формируются наибольшие давления.

Давление на почву отработываемого пласта начинает формироваться с отставанием от линии забоя 10-12 м, второй участок формируется протяжённостью по простиранию 20-25 м с общей протяжённостью до 70 м;

На участке 3 (рис.5) давление на почву пласта начинает снижаться. Протяжённость этой зоны составляет от 50 м до 70 м, в удаление от линии очистного забоя достигает 120-140 м. Давление на почву на данном участке является близким к γH , но не достигает его γH .

Далее начинается процесс стабилизации давления обрушенных пород на почву пласта.

Анализ применяемых методов расчёта длины лавы для длинных высокопроизводительных очистных механизированных забоев показывает, что наиболее приемлемым является метод расчёта длины лавы по удельной скорости движения комбайна при выемке угля в лаве [14]

$$U_{уд} = d \cdot e^{-C_{AB}}, \tag{4}$$

где:

$U_{уд}$ - удельная скорость

движения комбайна по лаве, м/мин·кВт;

d - постоянный коэффициент, зависит от вынимаемой мощности пласта, ширины захвата исполнительного органа комбайна;

C - постоянный коэффициент, характеризующий;

A - сопротивляемость угля резанию, кг/см

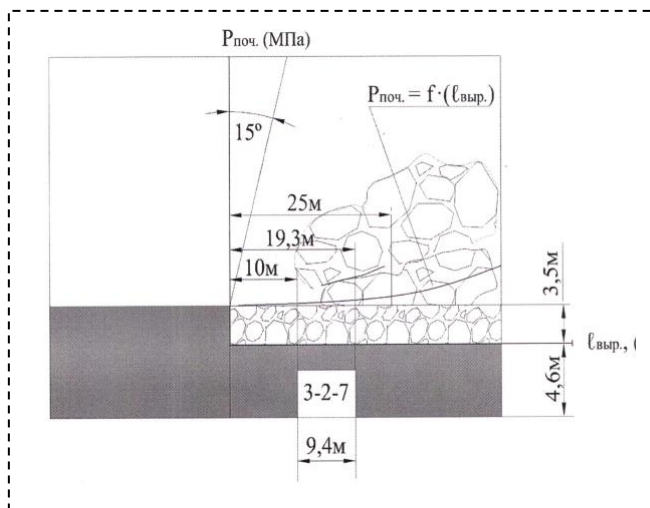


Рис.5. График изменения давления обрушенных пород кровли на почву верхнего слоя пласта III в отработанном пространстве:

$R_{поч}$ - давление обрушенных пород на почву;
 $l_{выр}$ - удаление выработанного пространства забоя (краевой части пласта)

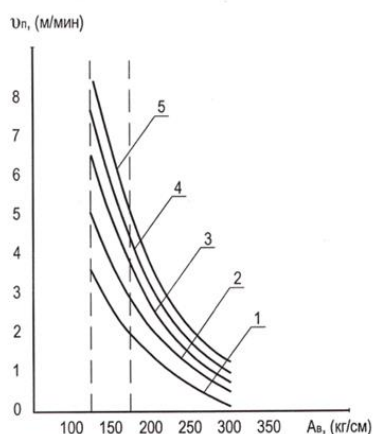


Рис.6. Зависимость скорости подачи комбайна от сопротивляемости угля резанию в зоне работы исполнительного органа комбайна при вынимаемой мощности верхнего уступа 3-3,2 м, ширина захвата 0,6 м.

1, 2, 3, 4, 5 - группы комбайнов согласно табл.1;
 U_n - скорость подачи комбайна при выемке угля в лаве, м/мин;

A_b - среднее значение сопротивления угля резанию (определялось с использованием динамометрического электросверла - СДМ-1), либо принимается по данным геологической службы шахты.

Распределение давления обрушенных пород на почву обрабатываемого пласта позади очистного забоя происходит по линиям равного давления, график распределения линий равного давления на почву пласта представлен на рис.4. Линии равного давления обрушенных пород на почву пласта

позади очистного забоя при обработке пласта III (верхний слой) в условиях шахты им. В.И. Ленина, формируются на следующих расстояниях от контура выемочного столба:

- 1 - Линия давления с минимальным давлением 0,3-0,5 МПа;
- 2 - Линия давления с минимальным давлением 0,6-0,7 МПа;
- 3 - Линия давления с минимальным давлением 0,7-1 МПа;
- 4 - Линия давления с минимальным давлением 1,2-2,5 МПа;
- 5 - Линия давления с минимальным давлением 2,5 МПа до γH .

Давление обрушенных пород на почву обрабатываемого пласта распределяется неравномерно: у краевых частей пласта давление отсутствует, с удалением к центру обрабатываемого столба и в отработанное пространство оно возрастает, не достигая значений γH .

На рис.5 представлен график изменения давления обрушенных пород кровли пласта III на почву верхнего слоя в отработанном пространстве по простиранию пласта.

Давление обрушенных пород на почву пласта появляется на расстоянии 10 м от забоя и далее нарастает по мере удаления от забоя до стабилизации.

Наименьшие давления наблюдаются на участках, удалённых от линии очистного забоя и краевых частей пласта на 10-20 м, здесь давление не превышает $0,15 \gamma H$; В средней части лавы формируются наибольшие давления.

Давление на почву обрабатываемого пласта начинает формироваться с отставанием от линии забоя 10-12 м, второй участок формируется протяжённостью по простиранию 20-25 м с общей протяжённостью до 70 м;

На участке 3 (рис.5) давление на почву пласта начинает снижаться. Протяжённость этой зоны составляет от 50 м до 70 м, в удаление от линии очистного забоя достигает 120-140 м. Давление на почву на данном участке является близким к γH , но не достигает его γH .

Далее начинается процесс стабилизации давления обрушенных пород на почву пласта.

Анализ применяемых методов расчёта длины лавы для длинных высокопроизводительных очистных механизированных забоев показывает, что наиболее приемлемым является метод расчёта длины лавы по удельной скорости движения комбайна при выемке угля в лаве [14]

$$U_{уд} = d \cdot e^{-CA_b}, \quad (4)$$

где:

Таблица 1. Разделение выпускаемых выемочных комбайнов на группы по установленной мощности электропривода

| Группы комбайнов | комбайнов, применявшиеся на шахтах | Установленная мощность привода, (кВт) |
|------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| I | 2ГШ-6, КГС-309 | 300 |
| II | EDB-170, КВБ-3 | 320-350 |
| III | РКУ-20, EDB-450, КГС-445 | 400-450 |
| IV | К-500, МГ-400/930 | 460-500 |
| V | К-500, КГС-445, КСП, SL-500 | более 500 |

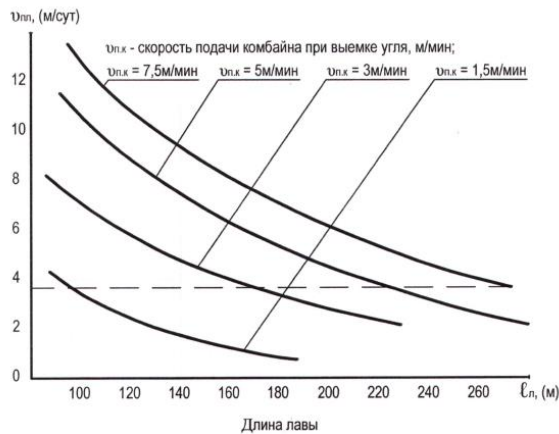


Рис. 7. Номограмма выбора рационального режима отработки выемочных столбов при различных длинах лав:

 $l_{л}$ - длина лавы; $u_{п.к}$ - рабочая скорость подачи комбайна при выемке угля, м/мин; $u_{п.л}$ - скорость подвигания лавы, м/сут. $m_{в}$ - вынимаемая мощность пласта 50 - 3,8 м; γ - объёмный вес угля, $\gamma = 1,32 \text{ т/м}^3$; $K_{м.в}$ - коэффициент машинного времени выемочного комбайна, $K_{м.в} = 0,75; 0,9$; $U_{уд}$ - удельная скорость движения комбайна по лаве, м/мин·кВт; d - постоянный коэффициент, зависит от вынимаемой мощности пласта, ширины захвата исполнительного органа комбайна; C - постоянный коэффициент, характеризующий; A - сопротивляемость угля резанию, кг/см

Скорости подачи комбайна определяется по формуле

$$U_{п} = U_{уд} \cdot P_{уст}, \text{ м/мин} \quad (5)$$

где:

 $P_{уст}$ - установка мощности электропривода комбайна.

Значения коэффициентов "d" и "C" принимаются в зависимости от вынимаемой мощности верхнего уступа при работе комбайна по

односторонней уступной схеме:

$$- m_{в} = 1,8 - 2 \text{ м}, d = 7,6 \cdot 10^{-2}, C = 0,0084;$$

$$- m_{в} = 2,6 - 2,8 \text{ м}, d = 6,9 \cdot 10^{-2}, C = 0,01; \quad (6)$$

$$- m_{в} = 3 - 4 \text{ м}, d = 6,5 \cdot 10^{-2}, C = 0,012.$$

Скорость движения комбайна по лаве при выемке угля может определяться по формулам (3), (4) или по графику, приведённому на рис.6.

$$U_{п.к} = f \cdot (A_{в}), \quad (7)$$

Графически зависимости скорости подачи комбайна от сопротивляемости угля резанию при вынимаемой мощности пласта 3-3,2 м, представлены на рис.6

По скорости подачи комбайна можно для выемки угля (рис.6) можно подобрать тип комбайна по таблицы 1.

Требуемую скорость подвигания лавы, исходя из ее длины, упрощенно предлагается определять по монограмме, приведенной на рис.7.

Длина лавы принята 400 м.

Скорость подвигания лавы рекомендуется определять с использованием рассчитанной скорости движения комбайна по лаве по формуле

$$u_{п.л} = \frac{V \cdot u_{п.к} \cdot 60 \cdot T_{сут} \cdot K_{м.в.}}{l_{л}}, \quad (8)$$

где:

 V - ширина захвата исполнительного органа комбайна, м; $K_{м.в.}$ - коэффициент полезного использования комбайна; $l_{л}$ - принимается длина лавы, м.

По скорости подвигания лавы за сутки и по принятой длине лавы уточняется производительность лавы, она должна быть не менее заданной.

Таким образом, используя заданную производительность очистного забоя и скорость подвигания лавы за сутки, уточняется длина лавы.

Рассмотренный метод определения требуемой длины лавы является сложным из-за

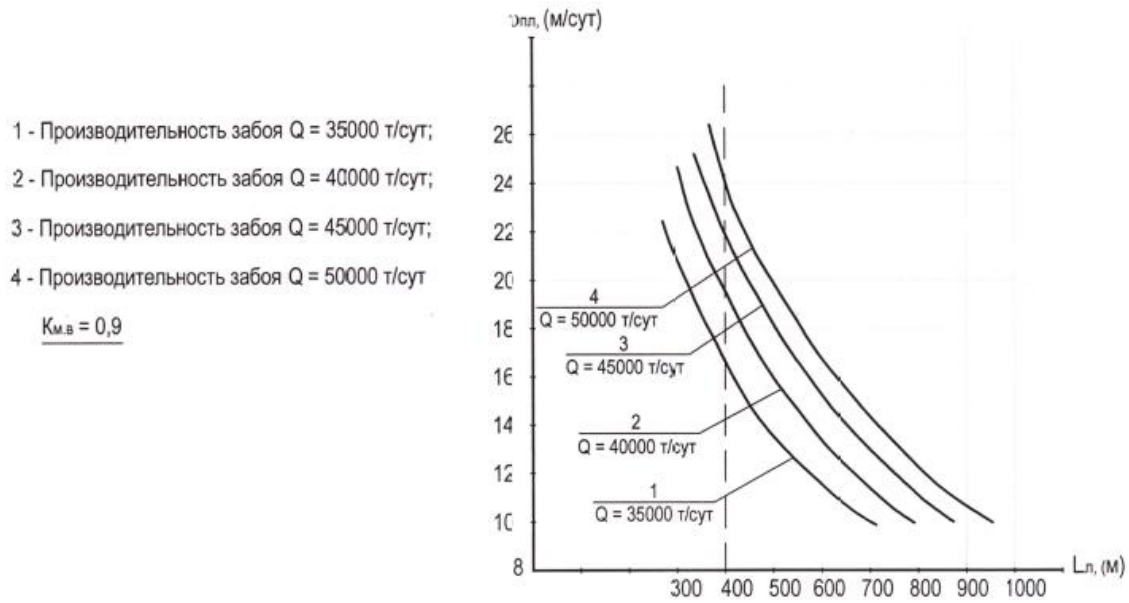


Рис.8. Зависимость требуемой скорости подвигания лавы от длины лавы и установленной производительности лавы:

$v_{п.л.}$ - скорость подвигания лавы, м/сут;
 $L_л$ - длина лавы, м; Q - производительность лавы, т/сут.

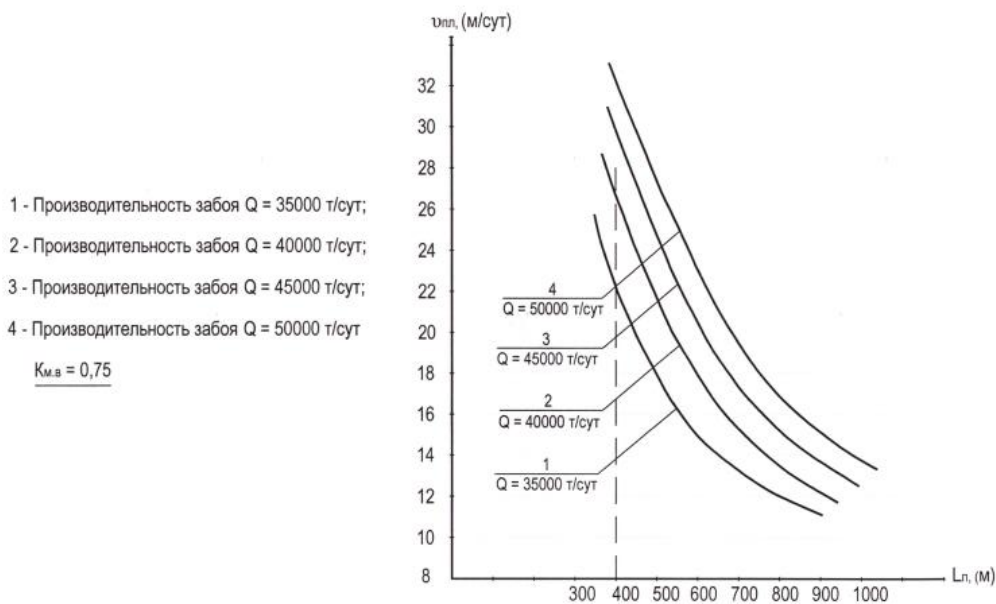


Рис.9. Зависимость требуемой скорости подвигания лавы от длины лавы и установленной производительности лавы:

$v_{п.л.}$ - скорость подвигания лавы, м/сут;
 $L_л$ - длина лавы, м; Q - производительность лавы, т/сут.

использования удельной скорости движения комбайна по выемке угля.

Однако, сам подход к выбору длины лавы и скорости подвигания лавы за сутки является правильным.

Рекомендации по выбору рациональной длины и скорости подвигания лавы при

высокопроизводительной отработке пласта 50 в условиях шахты им. В.Д. Ялевского. Разработаны по предлагаемой методике

При разработке рекомендаций по возможности применения для отработки пласта 50 лав длиной 400 м использовалось условие, согласно которому подрабатываемая в лаве

площадь кровли за сутки пропорциональна добыче угля из лавы за сутки.

Площадь обнажения кровли в лаве за сутки определяется по формуле

$$S_{об} = L_{л} \cdot v_{п.л} \quad (9)$$

где:

$S_{об}$ - площадь обнажения кровли, м²

$L_{л}$ - длина лавы, м;

$v_{п.л}$ - скорость подвигания лавы за сутки, м/сут.

Подработанная площадь кровли в лаве за сутки определяет производительность лавы по выдаче угля за сутки

$$S_{об} = Q_{л}, \quad (10)$$

где:

$Q_{л}$ - производительность лавы за сутки.

$$Q_{л} = L_{л} \cdot v_{п.л} \cdot m_{в} \cdot \gamma \cdot K_{м.в}, \quad (11)$$

где:

γ - объёмный вес угля, т/м³ ;

$m_{в}$ - вынимаемая мощность пласта, м;

$K_{м.в}$ - коэффициент машинного времени комбайна, принимается равным - 0,75.

Длина лавы определяется из формулы (12)

$$L_{л} = \frac{Q_{л}}{v_{п.л} \cdot m_{в} \cdot \gamma \cdot K_{м.в}} \quad (12)$$

Формула (12) позволяет определять длину лавы по заданной производительности лавы и по требуемой скорости подвигания лавы.

Производительность лавы определяется при разработке паспорта на подготовку и отработку лавы в конкретных горно-геологических условиях.

Исходя из конкретных горно-геологических условий и принятого механизированного комплекса для отработки пласта, оценки технических возможностей входящего в состав комплекса оборудования, определяется возможная производительность лавы - Q т/сут и соответствующая ей скорость подвигания лавы.

Для условий лавы 50-03 были построены графические зависимости требуемой скорости подвигания лавы для длины лавы 300-1000 м при заданных условиях:

- производительность лавы - $Q = 35000$ т/сут, 40000 т/сут, 45000 т/сут, 50000 т/сут;

- длина лавы - задаётся в указанных выше пределах;

- вынимаемая мощность пласта - 3,8 м;

γ - объёмный вес угля 1,32 т/м³;

$K_{м.в}$ - принимается равным 0,75 и 0,9.

Графики приведены на рис.8, 9.

Из графиков рис.8 видно, что при длине лавы 400м и коэффициенте машинного времени 0,9, для

обеспечения заданной производительности лавы необходимо обеспечить скорость подвигания лавы:

при производительности лавы 35000 т/сут – 17 м/сут;

при производительности лавы 40000 т/сут – 20 м/сут;

при производительности лавы 45000 т/сут – 22 м/сут;

при производительности лавы 50000 т/сут – 24 м/сут.

Возможность отработки лавы с указанными скоростями подвигания лавы за сутки уточняется в основном по технической возможности применяемого выемочного комбайна.

Из графиков рис.9 видно, что для обеспечения заданной производительности лавы длиной 400 м при коэффициенте машинного времени 0,75, требуемая по условиям геомеханической безопасности, скорость подвигания лавы будет составлять:

- при суточной - $v_{п.л}$ 21-22

добыче 35000 т м/сут;

- при суточной - $v_{п.л}$ 26-27

добыче 40000 т м/сут

- при суточной - $v_{п.л}$ 28-29

добыче 45000 т м/сут

- при суточной - $v_{п.л}$ 30-31

добыче 50000 т м/сут

Выводы

Геомеханическая ситуация в очистных механизированных забоях определяется предельной площадью обнажения кровли.

Подработанная предельная площадь пород в очистном забое характеризуется критической площадью обнажения, когда устойчивость пород нарушается, породы обрушаются, безопасные условия в очистном забое не обеспечиваются. Критическая площадь обнажения определяется, в основном, двумя факторами:

- длиной лавы и скоростью подвигания лавы.

Безопасные условия по проявлению горного давления обеспечиваются в очистных забоях, когда фактическая площадь обнажения пород не превышает критическую площадь обнажения.

Фактическая площадь обнажения в любой момент времени определяется произведением длины лавы (l_i) и скоростью подвигания лавы ($v_{п.л}$).

Для каждого типа пород существует критическая площадь обнажения

$$(S_{кр} = l_{л} \cdot v_{п.л.}) \leq S_{кр}$$

Предложен метод определения требуемой длины лавы для очистных механизированных комплексов, использующий понятие о критической площади обнажения кровли.

Разработка и расширение области применения лабораторных исследований в различных горно-данного метода требует проведения шахтных и геологических условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Устройство для изучения проявлений горного давления на моделях: Патент на полезную модель RU 136620 U1 / Бедарев Н.Т., Ковалев Н.Б., Костюк С.Г., Любимов О.В., Ренев А.А., Семенцов В.В. - Заявка № 2013135404/12 от 26.07.2013. опублик. 10.01.2014.
2. Егоров П.В., Костюк С.Г., Колмагоров В.М., Белов В.П., Раскин К.В., Синельников Л.М. Исследование влияния длины очистного забоя на проявление горного давления на механизированную крепь // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2004. № 6-1 (43). С. 99-103.
3. УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЯВЛЕНИЙ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ НА МОДЕЛЯХ: Патент на полезную модель RU 163535 U1 / Бедарев Н.Т., Костюк С.Г., Бородин И.В., Любимов О.В., Шайхисламов А.Р., Астафьева В.Г. - Заявка № 2016111485/12 от 28.03.2016, опублик. 20.07.2016.
4. Kostyuk S., Bedarev N., Lyubimov O., Shaikhislamov A. The relationship between the manifestations of rock pressure and the relative deformation of surrounding rocks. В сборнике: E3S WEB OF CONFERENCES. 2017. С. 01009.
5. Kostyuk S., Bedarev N., Lyubimov O., Shaikhislamov A. The mine workings roof stress-strain state research in the perspective of development of new coal deposits of Kuzbass. В сборнике: E3S Web of Conferences. The Second International Innovative Mining Symposium. 2017.
6. Kostyuk S., Gegreen A., Meljnik V., Lupeey M. Coal Squeezing-Out, Its Description And Conditions Of Development В сборнике: E3S Web of Conferences. The Second International Innovative Mining Symposium. 2017.
7. Kostyuk S., Bedarev N., Lyubimov O., Kovalyov N. Searching For The Optimal Parameters Of The Thick Steep Seams' Under-Level Development. В сборнике: E3S Web of Conferences. Electronic edition. 2018.
8. Kostyuk S., Bedarev N.T., Lyubimov O.V., Yunliang T. Creation Of A Device For Testing Of The Rock Samples For Gap In Volumetric Compression Chamber В сборнике: E3S WEB OF CONFERENCES. T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University. 2020. С. 01007.
9. Костюк С.Г., Ситников Г.А., Любимов О.В., Породин С.С. Усовершенствование способа подготовки угольного пласта к отработке // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2020. № 2 (138). С. 75-86.
10. Способ подготовки угольного пласта к отработке: Патент на изобретение RU 2655502 C1. / Костюк С.Г., Ситников Г.А., Любимов О.В., Хуснутдинов М.К., Породин С.С. - Заявка № 2017130997 от 01.09.2017. опублик. 28.05.2018.
11. Брагин В.Е., Калинин С.И., Лермонтов Ю.С. Повышение эффективности комплексно-механизированной отработки пологих и наклонных пластов в Кузбассе. Кемеровское кн. изд-во, г. Кемерово, 1995. - 200с.
12. Брагин В.Е., Калинин С.И. Применение средств комплексной механизации для отработки пологих и наклонных угольных пластов в Кузбассе. Кемеровское кн. изд-во", 1995. - 173с.
13. Оценка горно-геологических условий пластов 50, 52 для определения возможности применения механизированных комплексов на пластах 50, 52 шахты "Котинская" (ш. им. В.Д. Ялевского) ОАО "СУЭК-Кузбасс" в лавах длиной 400м. (Отчёт по научно-исследовательской работе, Договорное соглашение №3 от 01.07.2016г) НИ ПКП - "УТК" КузГТУ, ф-л. г. Прокопьевск, 2017, - 120с.
14. Исследовать геомеханические процессы в углепородном массиве при отработке пласта 50 механизированным забоем с длиной лавы 400 м, с нагрузкой 35-50 тыс.т/сутки и взаимодействии крепи ДВТ с вмещающими породами в лаве 50-03, Отчёт по НИР: "Научное сопровождение подготовки и отработки лавы 50-03 длиной забоя 400 м с проведением комплексных обделований и разработкой мероприятий для обеспечения высокопроизводительной работы шахтоуправления «Котинское» АО «СУЭК-Кузбасс»" (Договорное соглашение №4 от 20.06.2017г) НИ ПКП - "УТК" КузГТУ, ф-л г. Прокопьевск,, 2017, 168с.

REFERENCES

1. Ustrojstvo dlya izucheniya proyavlenij gornogo davleniya na modelyah: Patent na poleznuyu model' RU 136620 U1 / Bedarev N.T., Kovalev N.B., Kostyuk S.G., Lyubimov O.V., Renev A.A., Semencov V.V. - Zayavka № 2013135404/12 ot 26.07.2013. opubl. 10.01.2014.
2. Egorov P.V., Kostyuk S.G., Kolmagorov V.M., Belov V.P., Raskin K.V., Sinel'nikov L.M. Issledovanie vliyaniya dliny ochistnogo zaboya na proyavlenie gornogo davleniya na mekhanizirovannuyu krep' // Vestnik

Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2004. № 6-1 (43). S. 99-103.

3. USTROJSTVO DLYa IZUCHENIYa PROYaVLENIJ GORNOGO DAVLENIYa NA MODELYaH: Patent na poleznuyu model' RU 163535 U1 / Bedarev N.T., Kostyuk S.G., Borodin I.V., Lyubimov O.V., Shajhislamov A.R., Astafeva V.G. - Zayavka № 2016111485/12 ot 28.03.2016, opubl. 20.07.2016.

4. Kostyuk S., Bedarev N., Lyubimov O., Shaikhislamov A. The relationship between the manifestations of rock pressure and the relative deformation of surrounding rocks. V sbornike: E3S WEB OF CONFERENCES. 2017. S. 01009.

5. Kostyuk S., Bedarev N., Lyubimov O., Shaikhislamov A. The mine workings roof stress-strain state research in the perspective of development of new coal deposits of Kuzbass. V sbornike: E3S Web of Conferences. The Second International Innovative Mining Symposium. 2017.

6. Kostyuk S., Gegreen A., Meljnik V., Lupey M. Coal Squeezing-Out, Its Description And Conditions Of Development V sbornike: E3S Web of Conferences. The Second International Innovative Mining Symposium. 2017.

7. Kostyuk S., Bedarev N., Lyubimov O., Kovalyov N. Searching For The Optimal Parameters Of The Thick Steep Seams' Under-Level Development. V sbornike: E3S Web of Conferences. Electronic edition. 2018.

8. Kostyuk S., Bedarev N.T., Lyubimov O.V., Yunliang T. Creation Of A Device For Testing Of The Rock Samples For Gap In Volumetric Compression Chamber V sbornike: E3S WEB OF CONFERENCES. T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University. 2020. S. 01007.

9. Kostyuk S.G., Sitnikov G.A., Lyubimov O.V., Porodin S.S. Uovershenstvovanie sposoba podgotovki ugol'nogo plasta k otrabotke // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2020. № 2 (138). S. 75-86.

10. Sposob podgotovki ugol'nogo plasta k otrabotke: Patent na izobretenie RU 2655502 C1. / Kostyuk S.G., Sitnikov G.A., Lyubimov O.V., Husnutdinov M.K., Porodin S.S. - Zayavka № 2017130997 ot 01.09.2017. opubl. 28.05.2018.

11. Bragin V.E., Kalinin S.I., Lermontov Yu.S. Povyshenie effektivnosti kompleksno-mekhanizirovannoj otrabotki pologih i naklonnyh plastov v Kuzbasse. Kemerovskoe kn. izd-vo, g. Kemerovo, 1995. - 200s.

12. Bragin V.E., Kalinin S.I. Primenenie sredstv kompleksnoj mekhanizacii dlya otrabotki pologih i naklonnyh ugol'nyh plastov v Kuzbasse. Kemerovskoe kn. izd-vo, 1995. - 173s.

13. Ocenka gorno-geologicheskikh uslovij plastov 50, 52 dlya opredeleniya vozmozhnosti primeneniya mekhanizirovannyh kompleksov na plastah 50, 52 shahty \"Kotinskaya\" (sh. im. V.D. Yalevskogo) OAO \"SUEK-Kuzbass\" v lavah dlinoj 400m. (Otchyot po nauchno-issledovatel'skoj rabote, Dogovornoe soglasenie №3 ot 01.07.2016g) NI PKP - \"UTK\" KuzGTU, f-l. g. Prokop'evsk, 2017, - 120s.

14. Issledovat' geomekhanicheskie processy v ugleporodnom massive pri otrabotke plasta 50 mekhanizirovannym zaboem s dlinoj lavy 400 m, s nagruzkoj 35-50 tys.t/sutki i vzaimodejstvie krepki DBT s vmeshchayushchimi porodami v lave 50-03, Otchyot po NIR: \"Nauchnoe soprovozhdenie podgotovki i otrabotki lavy 50-03 dlinoj zaboya 400 m s provedeniem kompleksnyh obledovanij i razrabotkoj meropriyatij dlya obespecheniya vysokoproizvoditel'noj raboty shahtoupravleniya «Kotinskoe» AO «SUEK-Kuzbass»\" (Dogovornoe soglasenie №4 ot 20.06.2017g) NI PKP - \"UTK\" KuzGTU, f-l g. Prokop'evsk., 2017, 168s.

Поступило в редакцию 23.12.2020

Received 23 December 2020