

DOI: 10.26730/1999-4125-2018-5-27-34

УДК 622.063.542.016.62.273:622.012.2

ОБОСНОВАНИЕ СУТОЧНОЙ ДОБЫЧИ УГЛЯ ИЗ ЛАВЫ ДЛИННОЙ 400 МЕТРОВ В УСЛОВИЯХ ШАХТЫ ИМ. В.Д. ЯЛЕВСКОГО

THE REQUIRED FOR THE DAILY PRODUCTION OF COAL FROM LAVA LENGTH OF 400 METERS IN THE CONDITIONS OF THE MINE NAMED AFTER V.D. YALEVSKY

Калинин Степан Илларионович,¹

доктор техн. наук, e-mail: niutk@yandex.ru

Stepan I. Kalinin¹,

Dr.Sc. (Engineering),

Роут Геннадий Николаевич,¹

кандидат техн. наук, доцент. e-mail: rgn23.12.47@gmail.com

Gennady N. Route¹, C.Sc., Associate Professor

Игнатов Юрий Михайлович,¹

кандидат техн. наук, доцент, e-mail: mnoc@mail.ru

Yuri M. Ignatov¹, C.Sc., Associate Professor

Черданцев Андрей Михайлович,²

главный инженер шахты им. В.Д. Ялевского

e-mail: CherdantsevAM@suek.

Andrey M. Cherdantsev²,

a chief engineer of V. D. Yalovsky mine

¹Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, Россия
650000, г. Кемерово, ул., Весенняя, 28

¹T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28, Vesennyaya st., Kemerovo, 650000, Russian Federation

²АО «СУЭК Кузбасс» Кемеровская область, г. Ленинск - Кузнецкий, ул. Васильева, д.13

²JSC "SUEK Kuzbass" Kemerovo region, Leninsk -Kuznetsky, ul. Vasiliev, 13.

Аннотация: Приведены результаты успешной работы длиннотавной технологии внедренной впервые в России. Из лавы 50-03 длиной 400 метров, оборудованной системой дистанционного управления высокопроизводительными машинами и механизмами, при отработке пласта 50 в условиях шахты им. В.Д. Ялевского добыто 1567067 тонн угля за месяц.

В статье изложен разработанный авторами метод оценки соответствия между проектной суточной добычей угля из лавы, техническими характеристиками выбранных по геологическим условиям машин и механизмов, длиной лавы и ее суточной скоростью подвигания. Результаты расчетов по данному методу позволили обосновать необходимую скорость суточного подвигания лавы и соответствующую организацию труда в лаве для обеспечения проектной суточной добычи угля.

Приведенные результаты хронометражных наблюдений за выполнением технологических операций в лаве показали, что в отдельные периоды времени при высокой скорости работы комбайна, скорость крепления лавы была недостаточной при ручном управлении. В таких случаях выполнялся перевод этих операций на управление, контроль и регулирование дистанционной автоматизированной системе.

Исследования технологических процессов в лаве 50-03 показывают, что применение длиннотавной технологии повышает производительность рабочего очистного забоя, сокращает протяженность и разбросанность проводимых выработок, значительно меняет вентиляцию, проявление горного давления и др.

Ключевые слова: подземные горные работы, метод оценки, хронометражные наблюдения.

Abstract: The results of successful operation of long-head technology introduced for the first time in Russia are presented. From the lava 50-03 400 meters long, equipped with a remote control system of high-

performance machines and mechanisms, when working out the formation 50 in the conditions of the mine. V. D. Eletskogo 1567067 mined tons of coal per month.

The article describes the method developed by the authors to assess the correspondence between the design daily production of coal from lava, the technical characteristics of the selected geological conditions of machines and mechanisms, the length of the lava and its daily rate of movement. The results of calculations by this method allowed to justify the necessary speed of daily lava movement and the corresponding organization of labor in the lava to ensure the design daily coal production.

The results of time-based observations of the performance of technological operations in the lava showed that in some periods of time at a high speed of the combine, the speed of lava fastening was insufficient for manual control. In such cases, these operations were transferred to the management, control and regulation of the remote automated system.

Studies of technological processes in the lava 50-03 show that the use of long-alloy technology increases the productivity of the working treatment face, reduces the length and dispersion of the workings, significantly changes the ventilation, the manifestation of mountain pressure, etc.

Key words: *underground mining, evaluation method, time-keeping observations.*

Основными направлениями совершенствования подземного способа отработки угольных пластов, считаются: создание добывающих предприятий типа "Шахта-лава" и разработка новых высокопроизводительных технологий отработки угольных пластов [1].

Создание новых технологий намечается осуществлять за счёт разработки и внедрения высокопроизводительного оборудования для очистных работ, внедрения длиннозабойных систем разработки, создания и внедрения автоматизированных систем управления оборудованием очистного забоя, способов контроля и управления проявлением геомеханических процессов [2].

При проектировании суточной добычи угля из лавы необходимо, в зависимости от геологических условий, выбрать машины, механизмы, длину лавы и организацию работ в лаве. Нами разработан метод расчёта соответствия между данными факторами при принятии проектных решений, который проверен на примере горных работ в условиях шахты им. В.Д. Ялевского.

Отработку пласта 50 в условиях шахты им. В.Д. Ялевского производят длинными лавами (400 метров), длинными выемочными столбами (2300 метров), с нагрузкой на очистной забой 30-50 тыс. т/сут. Средняя мощность пласта в пределах выемочного столба составляет 3,85 м. Средний угол падения пласта не превышает 11°. Уголь марки ДГ, коэффициент крепости угля по шкале проф. Протодяконова М. М., составляет 1. Сопротивление угля на сжатие 10 МПа, на растяжение - около 1 МПа. Пласт отнесён с глубины 220 м к угрожаемым по горным ударам. Природная газообильность пласта 7,8 м³/т. Пласт опасен по взрываемости угольной пыли, склонен к самовозгоранию с инкубационным периодом 57 суток.

Непосредственная кровля представлена алевролитом крупнозернистым, реже - переслаиванием алевролитов мелкозернистых с алевролитами крупнозернистыми, песчаников с мелкозернистыми алевролитами. Непосредственная кровля оценивается как среднеустойчивая и ее мощность

составляет 2,42 - 30 м. Основная кровля представлена песчаниками среднезернистыми. Мощность основной кровли изменяется от 2,3 м до 26,9 м и оценивается как труднообрушаемая, а на отдельных участках, как среднеобрушаемая. "Ложная" кровля распространена не повсеместно, представлена углистым алевролитом мощностью 0,1-0,14 м. Почва склонна к пучению, мощность непосредственной почвы 0,44 - 11 м, мощность "ложной" почвы 0,03 - 0,58 м.

С учётом изученности геологических условий [3] и научно-исследовательской оценки [4], вмещающих пород пласта 50, сделаны выводы, что для пласта 50 является характерным непостоянство литотипов пород непосредственной и основной кровли пласта и непостоянство литотипов пород и их прочностных свойств "ложной" и непосредственной почвы пласта. Построена блочная модель массива горных пород и цифровые прогнозные планы геомеханических свойств массива горных пород с использованием геоинформационных технологий (ГИС) [5]. Блочная модель представляет собой набор цифровых моделей поверхностей по отдельным показателям, и используется для пространственного анализа в пакетах программ ГИС (Mineframe, MicroMine, Surpac, MapInfo), а также для создания прикладных программ решения отдельных задач. Перечисленные ГИС-технологии обладают примерно одинаковыми функциональными возможностями, но для предприятий следует учитывать, что российский программный продукт системы Mineframe из за санкций является приоритетным [6] для приобрете-

Использование цифровой модели горного массива, анализ результатов и моделирование структурных особенностей участка проектирования позволили сделать вывод, что геологические условия по пласту 50 для лав 50-03, 50-04 являются благоприятными, а аномальные зоны в горно-геологических условиях появятся в 2019 году в лаве 50-05 [7,8].

Для отработки пласта, с учетом геологических условий, принято оборудование очистного забоя Германского производства в составе механизированной крепи DBT с секциями 3-х типов. В верхней части лавы, примыкающей к вентиляционному штреку 50-03-3, установлены секции DBT-2200/4800-2х3297-1750. В средней части лавы установлены секции DBT-2400/5000-2х4300-1750. В нижней части лавы, примыкающей к конвейерному штреку 50-03-3, установлены секции крепи DBT-2550/5500-2х4207-1750. Для выемки угля в лаве 50-03 был принят выемочный комбайн SL-500 (фирмы Eickhoff), лавный конвейер SHPF-6/1342, перегружатель STPF-6/1342; дробилка SK-11/14. Выемочный комбайн с высокой установленной мощностью 1155 кВт с рабочим напряжением 3300В имеет максимальную скорость перемещения по лаве при выемке угля до 28 м/мин. Лавный конвейер SHPF 6/1342 производительностью 3700т/ч, длиной 400м. Перегружатель STPF 6/1342 производительностью 3800т/ч, со скоростью скребковой цепи 1,5м/сек [9]. Технической службой шахты разработан паспорт выемочного участка и ТЭО, в котором включены следующие параметры: среднесуточная добыча угля проектируется 35 тыс. тонн. Максимальная суточная добыча угля – 50 тыс. тонн.

Далее в статье приводим основные положения разработанного нами метода расчета проверки соответствия между проектной суточной добычей угля из лавы, выбранными машинами и механизмами согласно с геологическими условиями, длиной лавы и организацией работ в лаве.

Анализ возможности достижения среднесуточной добычи угля 35 – 50 тыс. тонн производится из условия, что производительность очистного забоя находится в прямой зависимости от площа-

- вынимаемая мощность пласта, м; γ_u - объемный вес угля, т/м³.

Скорость подвигания лавы за сутки получаем из зависимости между площадью подвигания лавы и длиной лавы и тогда

$$v_{п.л} = \frac{Q_l}{L_l \cdot m_b \cdot \gamma_u}, \quad (2)$$

где $v_{п.л}$ - скорость подвигания лавы, м/сут; L_l - длина лавы, м.

Для обоснования требуемой скорости подвигания лавы, соответствующей заданной производительности очистного забоя, произведены вычисления по формуле (2). Вынимаемая мощность пласта и объемный вес угля для данной лавы являются величинами постоянными. Результаты расчета требуемой скорости подвигания лавы для обеспечения отдельных значений производительности очистного забоя приведены в таблице.

Для обеспечения требуемой скорости подвигания лавы необходима определенная скорость движения комбайна при выемке угля, так и при зачистке комбайновой дорожки, и, соответствующая скорость крепления лавы. Требуемую скорость движения комбайна по лаве предлагается определять по следующей формуле

$$v_{ком} = \frac{L_{ком}}{T \cdot K_{м.в}}, \quad (3)$$

где: $L_{ком}$ - пройденный комбайном путь при выемке и зачистке комбайновых дорожек за сутки, м; T - продолжительность суток, мин; $K_{м.в}$ - коэффициент машинного времени комбайна по выемке угля и зачистке дорожки.

Пройденный комбайном путь в лаве определяется по количеству взятых выемочных дорожек (циклов)

$$L_{ком} = 2 \cdot L_l \cdot n_{ц}, \quad (4)$$

где: $n_{ц}$ - количество выемочных дорожек,

Таблица. Требуемая скорость подвигания лавы и скорость движения комбайна по лаве.
Table. The required speed of moving lava and speed of movement of the combine on the lava.

Производительность лавы, т/сут	Требуемая скорость подвигания лавы, м/сут	Требуемая скорость перемещения комбайна по лаве, (м/мин)	
		$K_{м.в} = 0,75$	$K_{м.в} = 0,9$
35000	17.0	15,7	13,1
40000	19.6	18,1	15,1
45000	22.6	20,8	17,5
50000	24.2	21,5	18,6

ди обнажения кровли пласта в лаве

$$Q_l = S_{обн.к} \cdot m_b \cdot \gamma_u, \quad (1)$$

где Q_l - производительность лавы, т/сут; $S_{обн.к}$ - площадь обнажения кровли в лаве, м²; m_b

взятых за сутки комбайном;

$$n_{ц} = \frac{v_{п.л}}{b_3}, \quad (5)$$

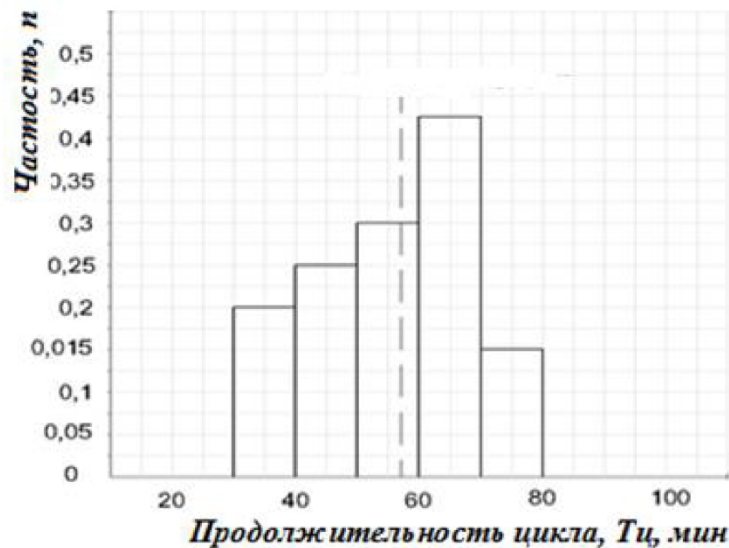


Рис. 1. Гистограмма распределения продолжительности выемочного цикла в лаве 50-03

Fig. 1. Histogram of the distribution of the duration of the excavation in the lava 50-03

где: $v_{пл}$ - требуемая скорость подвигания лавы, м/сут; b_3 - ширина захвата исполнительного органа комбайна, м.

Правильно выбранная скорость подвигания лавы за сутки определяется условием

$$t_{сут} \leq T \cdot K_{м.в.}, \quad (6)$$

где $t_{сут}$ - суммарное время на отработку комбайновых дорожек в лаве за сутки, мин.

$$t_{сут} = n_{ц} \cdot t_{ц}, \quad (7)$$

где: $t_{ц}$ - время, затрачиваемое комбайном на отработку одной комбайновой дорожки (выемку, зачистку, на передвижку головного привода конвейера, крепление сопряжения лавы, зарубки комбайна на новую дорожку), мин.

С использованием формул (2-7) была определена требуемая скорость движения комбайна по лаве при выемке и зачистке комбайновой дорожки. Результаты расчётов приведены далее в таблице.

Из табл. видно, что обеспечение высокой суточной добычи угля из лавы определяется в первую очередь технической возможностью очистного комбайна и высоким уровнем организации работ в лаве. При коэффициенте машинного времени комбайна, равного 0,75 для обеспечения нагрузки 50000 т/сут. необходимая средняя скорость движения комбайна по лаве должна составлять 21,5 м/мин, при коэффициенте машинного времени 0,9 требуемая скорость движения комбайна должна составлять 18,6 м/мин.

Для оценки предлагаемого метода, были проведены исследования по определению фактической скорости подвигания лавы 50-03 в условиях шахты им. В.Д. Ялевского. Оценка выполнялась путём проведения в лаве хронометражных наблюдений за выполнением технологических операций

по выемке угля комбайном, зачистке комбайновой дорожки, передвижке секций крепи и лавного конвейера, зарубке комбайна на новую дорожку. Результаты наблюдений обрабатывались с использованием методов теории вероятностей и математической статистики [10]. Определение скорости крепления лавы производилось по времени передвижки секций крепи по формуле

$$v_{кр} = \frac{\ell_{уч}}{t_{кр}}, \quad (8)$$

где $\ell_{уч}$ - длина участка крепления лавы при наблюдении, м; $t_{кр}$ - время крепления участка лавы, мин.

Изменение продолжительности выемочного цикла в лаве 50-03 представлено в виде гистограммы распределения случаев наблюдений за продолжительностью выемочного цикла. Гистограмма представлена на рис.1. Продолжительность выемочного цикла изменяется в пределах от 35 мин до 80 мин, а средняя продолжительность выемочного цикла - 57 мин.

Высокая скорость подвигания лавы 50-03 обеспечивалась не только высокой скоростью движения комбайна по лаве при выемке и зачистке комбайновых дорожек, она обеспечивается также высокой скоростью крепления лавы. Крепление лавы производится при выемке угля и движении комбайна от конвейерного штрека к вентиляционному штреку. Передвижка секций крепи осуществляется сразу за комбайном с отставанием на 1-2 секции. Гистограмма распределение времени передвижки секций крепи представлена на рис.2.

На отдельных участках лавы передвижка секций крепи осуществляется с отставанием от комбайна, скорость крепления оказывается недостаточной для обеспечения крепления лавы. Однако, оборудование комплекса системой автоматического управления технологическими процессами позволяет производить групповую передвижку секций крепи, увеличить длину участков изгиба лавного конвейера при его передвижке, обеспечить повышенную скорость крепления лавы.

Результаты измерения скорости перемещения комбайна по лаве при выемке угля (при прямом ходе) и при зачистке комбайновой дорожки (при обратном ходе) приведены в виде гистограммы распределения скорости движения комбайна на рис.3.

При зачистке комбайновой дорожки и выемке нижнего уступа скорость комбайна изменялась от 13 м/мин до 17,5 м/мин, при средней скорости 15,3 м/мин. При этом управление крепью производи-

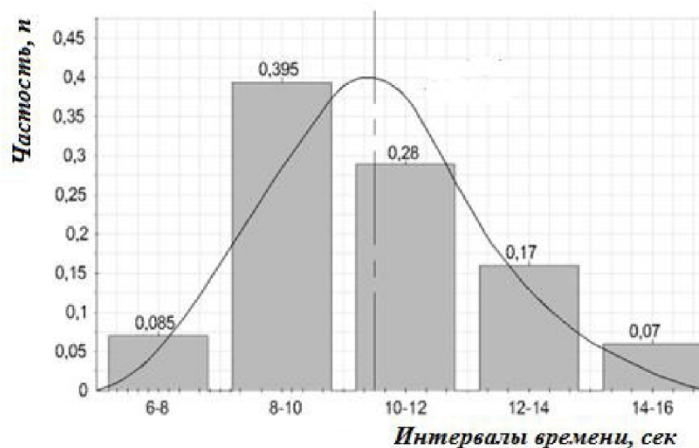


Рис.2. Гистограмма распределение времени передвижки секций крепи DBT.

Fig. 2. The histogram of the distribution of time shifting of the support units DBT.

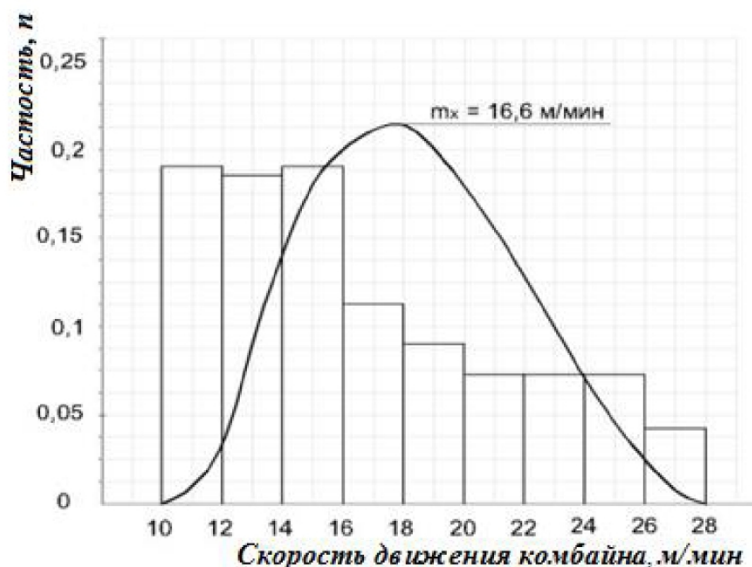


Рис.3. Гистограмма распределения скорости движения комбайна в лаве 50-03 при прямом и обратном движении

Fig. 3. The histogram of the distribution of speed of movement of the harvester in the lava 50-03 in the forward and backward movement

лось в режиме "электрическое управление" из-под соседней секции.

В данном режиме осуществляется независимое управление, включающее операции: последовательное опускание секций, передвижку секций, установку секции на распор, выдвигание стабилизирующего домкрата, отвод стабилизирующего домкрата, передвижку лавного конвейера, выдвигание или отвод отжимного щита. Скорость крепления лавы в этот период изменялась в пределах от 7 м/мин до 15 м/мин, среднее значение скорости крепления составляло 10 м/мин.

При высокой скорости движения комбайна

управление передвижкой секции крепи и лавного конвейера производится в автоматизированном режиме, в режиме "электронного дистанционного управления".

По результатам наблюдений, проведенных в мае, июле 2017г. в лаве 50-03, построены графики изменения скорости подвигания лавы за каждые сутки, см. рис. 4.

Скорость подвигания лавы в мае изменялась от 8 м/сут до 26 м/сут. Добыча угля за месяц составила 1407254 т. Скорость в июле изменялась от 16 м/сут до 28 м/сут. Добыча угля в июле – 1567067 т. Эти показатели по добыче угля достигнуты бригадой Героя Кузбасса Е. Космина, и они стали рекордами добычи российского и мирового уровня в мае и июле 2017г.

Из представленных материалов видно, что отработка лавы 50-03 осуществлялась со скоростью, близкой к расчетной скорости подвигания лавы, приведённой в таблице. Отдельные отклонения от проектной скорости подвигания объясняются перерывами на технологическое обслуживание редукторов забойного конвейера и комбайна. На отдельных участках лавы при выемке комбайном верхнего участка пласта скорость крепления лавы меньше скорости движения комбайна, крепление лавы отстаёт от выемки угля. При зачистке комбайновой дорожки, выемке нижнего уступа и передвижке лавного конвейера скорость передвижки конвейера отстаёт от скорости движения комбайна. В этом случае скорость крепления лавы при выемке верх-

него уступа и скорость передвижки конвейера при зачистке комбайновой дорожки увеличивалась за счёт применения групповой передвижки секций крепи, а скорость передвижки конвейера - за счёт увеличения длины участка изгиба конвейера, и увеличения количества линейных рештаков на участке передвижки конвейера. При переходе на повышенную скорость крепления лавы управление крепью и лавным конвейером переводилось на электронный дистанционный режим с передачей функций управления, контроля и регулирования автоматизированной системе.

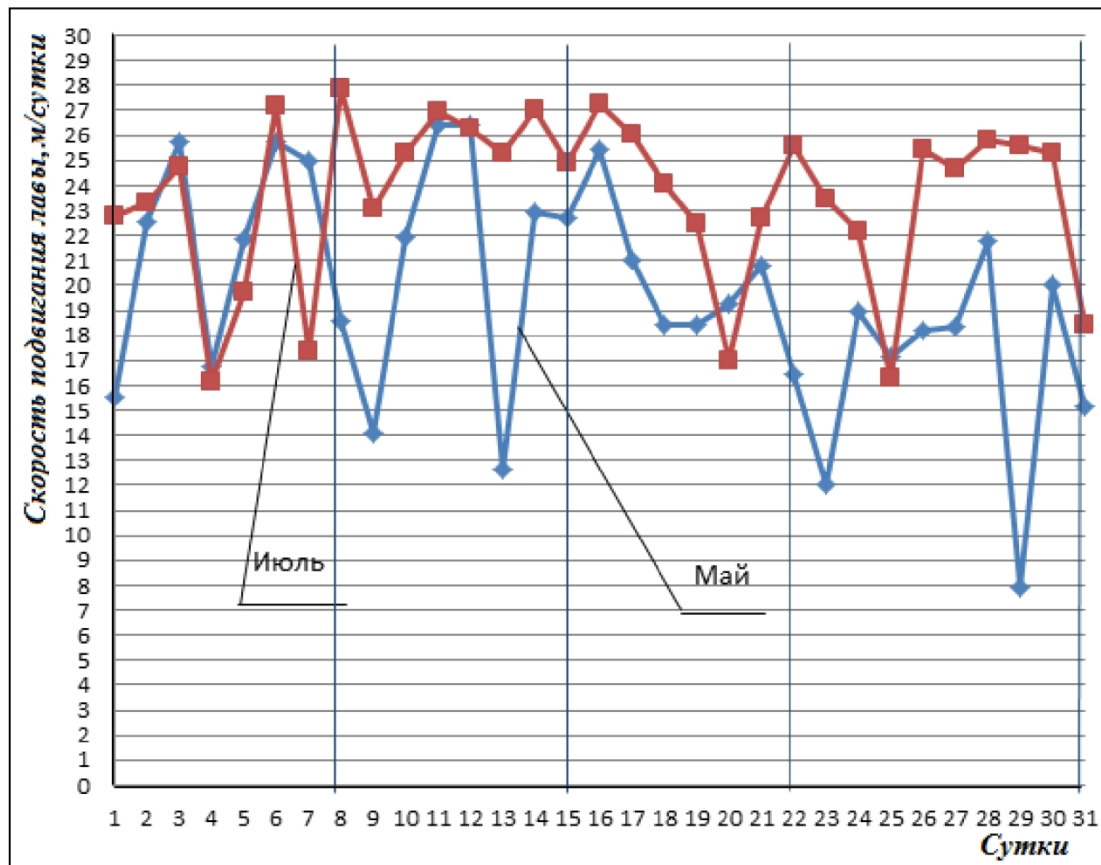


Рис. 4. Графики изменения скорости подвигания лавы 50-03 в мае, июле 2017г.
Fig. 4. Graphs of speed podvigina lava 50-03 in May, July 2017.

По скорости подвигания лавы можно посчитать скорость движения комбайна за выемочный цикл. В мае 2017 г. при максимальной скорости подвигания лавы за сутки равной 26 м/сут выемка угля в лаве осуществлялась с максимальной скоростью 24,07 м/мин, и в июле при максимальной скорости подвигания лавы 28 м/сут., выемка угля в лаве осуществлялась с максимальной скоростью 25,9 м/мин.

Таким образом, видно, что скорость подвигания лавы и производительность лавы, определяются техническими возможностями выемочного комбайна.

Вторым важным фактором обеспечения высокой скорости подвигания лавы и производительности очистного забоя является высокая скорость крепления лавы и передвижки лавного конвейера на новую дорожку.

Выводы

1. Исследования технологических процессов в лаве 50-03 длиной 400-метров показывают, что высокопроизводительная отработка пласта обеспечивается применением современного оборудо-

вания, системой дистанционного управления оборудованием, обоснованным выбором требуемой скорости подвигания лавы и принятой организацией труда в лаве.

2. Установлено, что важным фактором, кроме технической возможности выемочного комбайна, в обеспечении высокой скорости подвигания лавы, является скорость крепления очистного забоя.

3. Расчётами по предлагаемому методу была определена для заданной суточной производительности лавы длиной 400 метров необходимая рабочая скорость движения комбайна по лаве, скорость крепления очистного забоя и скорость подвигания лавы за сутки.

Разработанный метод оценки соответствия между проектной суточной добычей угля из лавы, техническими характеристиками выбранных по геологическим условиям машин и механизмов, длиной лавы и организацией работ в лаве применен на примере горных работ в условиях шахты им. В. Д. Ялевского. По результатам исследования метод оценивается работоспособным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калинин, С. И. Геомеханическое обеспечение эффективной выемки мощных пологих пластов с труднообрушаемой кровлей механизированными комплексами / С. И. Калинин, В. М. Колмагоров. - Кемерово: Кузбассвуиздат, 2002. - 113 с.
2. Коровкин Ю.А. Савченко П.Ф. Теория и практика длиннолавных систем / Ю. А. Коровкин, П. Ф. Савченко. — М.: Изд-во «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 2012. — 808 с.
3. Инструкция по геологическим работам на угольных месторождениях Российской Федерации. — СПб., 1993. — 147 с.
4. Гагарин А.А. Цифровое описание горно-геологических условий для анализа, прогнозирования и визуализации результатов на маркшейдерских цифровых планах / А. А. Гагарин, Ю. М. Игнатов, Г. Н. Роут, М. М. Латагуз // Вестник Кузбасского государственного технического университета. — 2018. — № 1. — С. 84–92.
5. Тациенко В. П. Исследование напряженно-деформированного состояния вмещающих пород пласта Надбайкаимский при его надработке и подработке в лицензионных границах шахты имени А. Д. Рубана с применением компьютерной программы. / В. П. Тациенко, А. А. Мешков, Ю. М. Игнатов, Г. Н. Роут // Интеграция современных научных исследований в развитие общества: сборник материалов III Международной научно-практической конференции (29 сентября 2017 года), Том II – Кемерово: ЗапСибНЦ, — 2017 — С. 49–58.
6. Лукичев С. В. Наговицын О.В., Морозова А.В. Моделирование рудных и пластовых месторождений в системе Mineframe// Горный информационно-аналитический бюллетень, 2004. – №5. – М.: МГТУ. – С. 296-301.
7. Игнатов Ю.М. Применение компьютерного моделирования месторождения для снижения травматизма на шахтах // Ю.М. Игнатов, А.А. Гагарин, Г.Н. Роут, М.М. Латагуз // Вестник научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. — 2018.— № 1 — С. 72–79.
8. Mohammad Ali, Youhei Kawamura, MostafaSharifzadeh, Emmanuel Knox Chanda, Markus Wagner, Hyongdoo Jang, and HirokazuOkawa. "Development of Underground Mine Monitoring and Communication System Integrated ZigBeeand GIS." //International Journal of Mining Science and Technology25 (5) 2015. p. 811–818.
9. Морозов В.И., Очистные комбайны. Справочник: В. И Морозов, Н. В. Сурина, В. И Чуденков. Издание: Издательство Московского государственного горного университета, Москва, 2006 г., 650 стр.
10. Вентцель. Е.С. Теория вероятностей. Наука. М., 1969. - 576с.

REFERENCES

1. Kalinin, S. I. Geomekhanicheskoe obespechenie effektivnoy vyemki moshchnykh pologikh plastov s trudnoobrushaemoy krovley mekhanizirovannymi kompleksami / S. I. Kalinin, V. M. Kolmagorov. - Kemerovo: Kuzbassvuzizdat, 2002. - 113 s.
2. Korovkin Yu.A. Savchenko P.F. Teoriya i praktika dlinnolavnykh sistem / Yu. A. Korovkin, P. F. Savchenko. — M.: Izd-vo «Gornoe delo» ООО «Kimmeriyskiy tsentr», 2012. — 808 e.
3. Instruksiya po geologicheskim rabotam na ugol'nykh mestorozhdeniyakh Rossiyskoy Federatsii. — SPb., 1993. — 147 s.
4. Gagarin A.A. Tsifrovoye opisanie gorno-geologicheskikh usloviy dlya analiza, prognozirovaniya i vizualizatsii rezul'tatov na marksheyderskikh tsifrovyykh planakh / A. A. Gagarin, Yu. M. Ignatov, G. N. Rout, M. M. Lataguz // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. — 2018. — № 1. — S. 84–92.
5. Tatsienko V. P. Issledovanie napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya vmeshchayushchikh porod plasta Nadbaykaimskiy pri ego nadrabotke i podrabotke v litsenzionnykh granitsakh shakhty imeni A. D. Rubana s primeneniem komp'yuternoy programmy. / V. P. Tatsienko, A. A. Meshkov, Yu. M. Ignatov, G. N. Rout // Integratsiya sovremennykh nauchnykh issledovaniy v razvitie obshchestva: sbornik materialov III Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (29 sentyabrya 2017 goda), Tom II – Kemerovo: ZapSibNTs, — 2017 — S. 49–58.
6. Lukichev S. V. Nagovitsyn O.V., Morozova A.V. Modelirovanie rudnykh i plastovykh mestorozhdeniy v sisteme Mineframe// Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten', 2004. – №5. – M.: MGGU. – S. 296-301.
7. Ignatov Yu.M. Primenenie komp'yuternogo modelirovaniya mestorozhdeniya dlya snizheniya travmatizma na shakhtakh // Yu.M. Ignatov, A.A. Gagarin, G.N. Rout, M.M. Lataguz // Vestnik nauchnogo tsentra VostNII po promyshlennoy i ekologicheskoy bezopasnosti. — 2018.— № 1 — S. 72–79.

8. Mohammad Ali, Youhei Kawamura, MostafaSharifzadeh, Emmanuel Knox Chanda, Markus Wagner, Hyongdoo Jang, and HirokazuOkawa. "Development of Underground Mine Monitoring and Communication System Integrated ZigBeeand GIS." //International Journal of Mining Science and Technology25 (5) 2015. p. 811–818.

9. Morozov V.I., Ochistnye kombayny. Spravochnik: V. I Morozov, N. V. Surina, V. I Chudenkov. Izdanie: Izdateľstvo Moskovskogo gosudarstvennogo gornogo universiteta, Moskva, 2006 g., 650 str.

10. Venttsel'. E.S. Teoriya veroyatnostey. Nauka. M., 1969. - 576s.

Поступило в редакцию 12.12.2018
Received 12 December 2018