

УДК622: 33.003.55

А.А. ХОРОЛЬСКИЙ (магистр)

В.Г. ГРИНЕВ (д-р техн. наук, проф.)

Институт физики горных процессов НАН Украины, Днепропетровск

В.Г. СЫНКОВ (д-р техн. наук, с.н.с.)

Красноармейский индустриальный институт ГВУЗ ДонНТУ, Красноармейск

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ ДОБЫЧИ УГЛЯ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ВЗАИМОСВЯЗИ ТИПОВ ОЧИСТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Подбор оборудования следует вести на основе фактической взаимосвязи его параметров, уровень которой оценивается при совместном применении критерия желательности и теории графов. Построение альтернативного графа и анализ его маршрутов на начальном этапе проектирования исключает наиболее неблагоприятные сочетания типов оборудования, в тот же момент поиск наиболее рациональной комплектации сведется к анализу 2-3 технологических цепочек «крепь–комбайн–конвейер». Последующая оценка, с использованием критерия желательности позволила выбрать наиболее благоприятное сочетание с позиции минимизации энергозатрат, обеспечения управления породами кровли при сложных горно-геологических условиях, максимальной пропускной способности средств транспортировки.

Ключевые слова: очистное оборудование, мощность пласта, длина очистного забоя, критерий желательности, альтернативный граф.

Анализ статистических данных за 1996-2011 показывает, что ежегодные темпы сокращения количества комплексных механизированных забоев (КМЗ) составляет 7,1%, на конец 2011 года их численность составляла 254. При этом темпы внедрения нового оборудования составляют 20,7% в год и на конец 2011 года количество КМЗ оборудованных современным оборудованием составляло 122 ед. Таким образом можно утверждать, что происходит техническое переоснащение угольной промышленности Украины. Вместе с тем 75% очистных забоев оборудованы «морально устаревшими» очистными комплексами, которые обладают рядом недостатков: низкой надежностью, непригодностью к заданным горно-геологическим условиям, несоответствием техническому урону [1,2].

Была поставлена актуальная техническая задача – исследовать показатели фактического использования очистного оборудования, обосновать критерии выбора, установить область рациональной эксплуатации.

Эта задача входит в класс задач большой размерности, что требует поиска эффективных алгоритмов управления процессом добычи (минимум энергозатрат, повышение безопасности работ за счет управления массивом, обеспечение пропускной способности средств транспортировки горной массы). Существует 13 типов механизированных крепей, 13 – выемочных машин, 14 – забойных конвейеров, уровень взаимосвязи которых может сильно отличаться [3].

Изучение данной проблемы указывает на то, что выбор области рациональной эксплуатации характеризуется линейной целевой функцией и линейными ограничениями. Для решения поставленной задачи могут быть использованы известные методы линейного программирования. Вместе с тем, характерной особенностью данных задач является большая размерность, которая требует поиска эффективных алгоритмов оптимизации. Основой при построении таких алгоритмов может служить представление их на сетях и графах [3].

В качестве объекта исследования была рассмотрена работа 65 КМЗ, которые использовались в очистных забоях Донецкой области. На рис. 1 представлено номенклатуру горношахтного оборудования (ГШО) (по данным Донецкой областной государственной администрации).

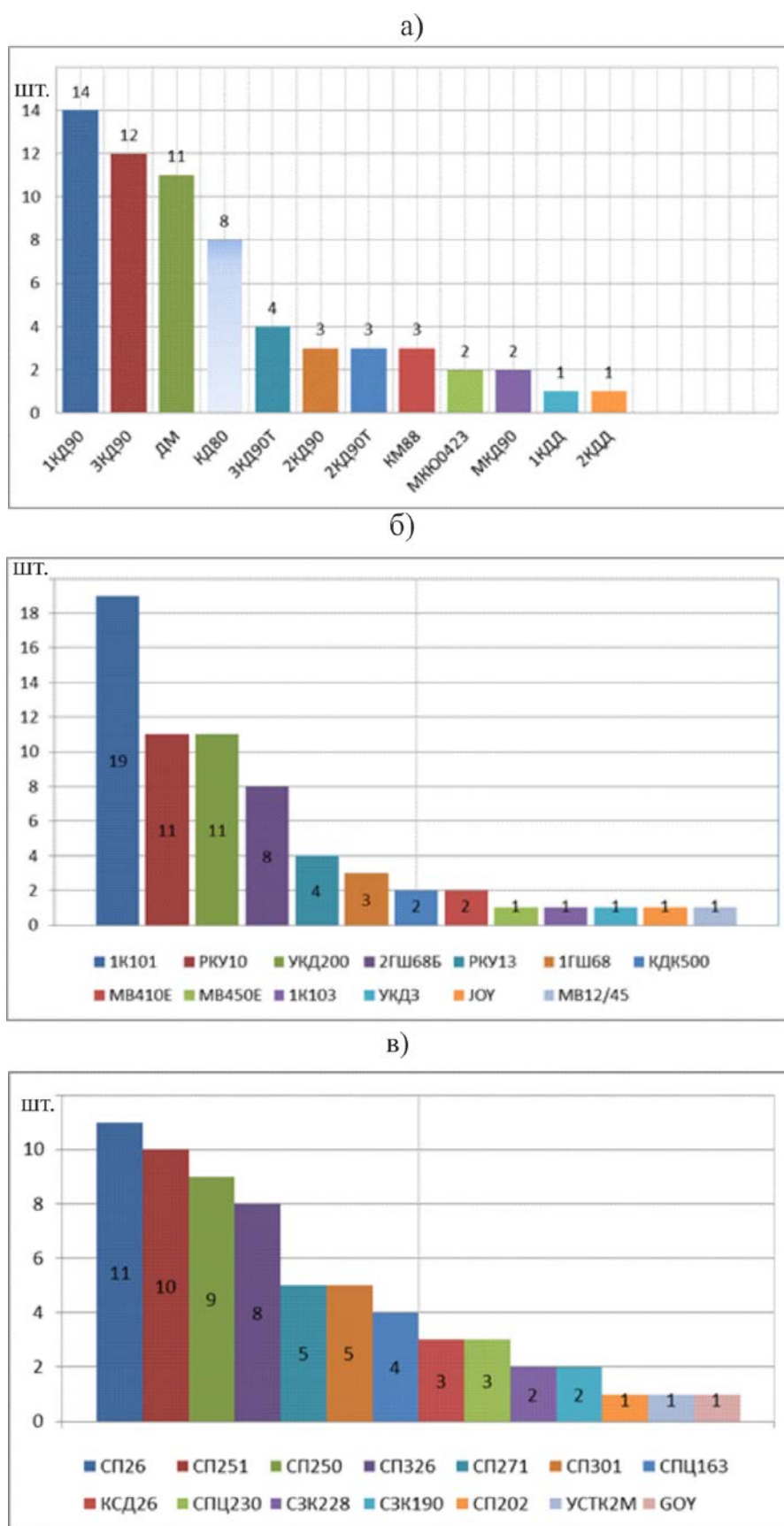


Рис. 1. Номенклатура горно-шахтного оборудования, которое используется в очистных забоях Донецкой области (а)- механизированные крепи; б) – очистные комбайны; в) – конвейеры)

При такой номенклатуре ГШО, для всех 65 забоев, возникает проблема эффективности очистного оборудования, а значит актуальным становится вопрос выбора рациональной комплектации типов такого оборудования. Вначале покажется, что такая задача трудно решается, но используя теорию графов можно с помощью альтернативных графов очистного оборудования комплексов 1КД90, 3КД90 и ДМ проанализировать эффективность их комплектации – при этом смежные вершины графа должны соответствовать забоям с одинаковыми параметрами (мощностью пласта и длины лавы).

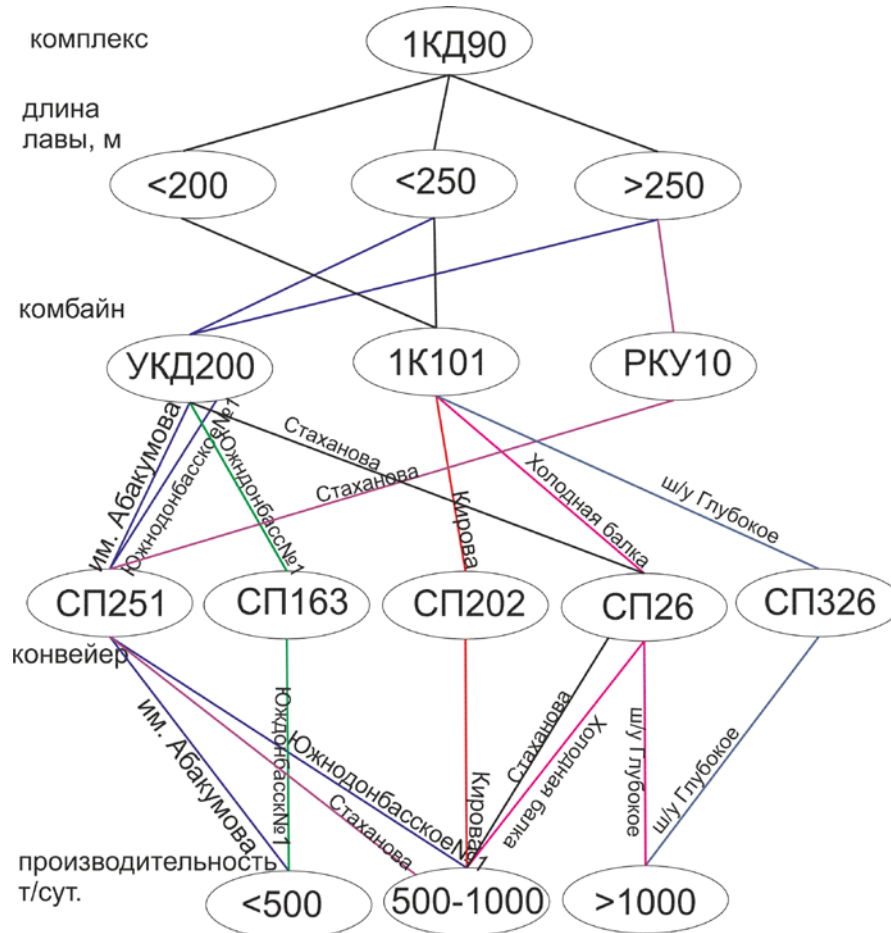


Рис. 2. Альтернативный граф очистного оборудования комплекса 1КД90

Анализируя маршруты альтернативного графа, которые демонстрируют технологические цепочки добычи угля в различных очистных забоях, можно выбрать рациональное оборудование на основе эффективности фактической взаимосвязи [4].

Из альтернативного графа на рис. 2 видно, что один и тот же комбайн при взаимодействии разных типов конвейеров обеспечивают различную производительность. Так, например, производительность комбайна РКУ-10 при длине лавы 250 м и мощности пласта 1,2 м при работе с конвейером СП251 составила 646 т/сут., а в комплекте с СП26 порядка 1300 т/сут.. Как показывает анализ альтернативного графа (рис.2) наиболее рациональным является сочетание комбайна 1К101 с конвейером СП326 (в составе механизированного комплекса 1КД90) и комбайна 1К101 с конвейером СП26.

На рис. 3 изображен альтернативный граф для комплекса ДМ.

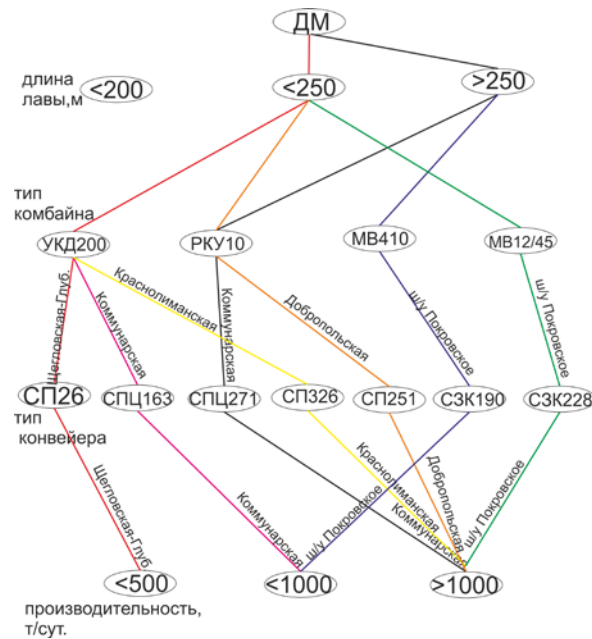


Рис. 3. Альтернативный граф очистного оборудования комплекса ДМ

На рис. 3 показано, что для комплекса ДМ наиболее рациональным является сочетание комбайна РКУ10 с конвейером СП251, комбайна УКД200 с конвейером СП326, комбайна МВ12/45 с конвейером СЗК228. Наиболее неблагоприятным является сочетание комбайна УКД200 с конвейером СП26. На рис. 4 изображен альтернативный граф комплекса ЗКД90.

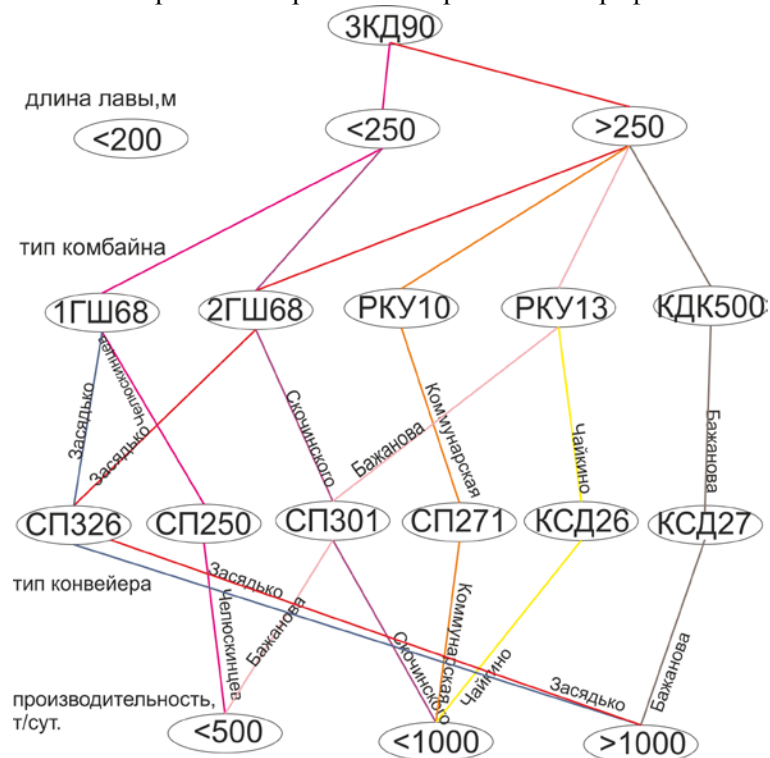


Рис. 4. Альтернативный граф комплекса ЗКД90

Установлено, что наиболее рациональным является сочетание комбайна 1ГШ68 с конвейером СП326 и комбайна КДК500 с конвейером КСД27. Наиболее неблагоприятным является сочетание комбайна 1ГШ68 с конвейером СП250.

Применение теории графов позволило установить наиболее рациональное сочетание забойного оборудования (табл.1).

Таблица 1 - Возможные варианты комплектации очистного оборудования в составе механизированных комплексов 1КД90, ДМ, 3КД90

Механизированный комплекс	Благоприятное сочетание		Неблагоприятное сочетание	
	комбайн	конвейер	комбайн	конвейер
1КД90	1К101	СП26	УКД200	СП251
	1К101	СП326		
ДМ	РКУ10	СП251	УКД200	СП26
	РКУ10	СП271		
	УКД200	СП326		
3КД90	1ГШ68	СП326	1ГШ68	СП250
	КДК500	КСД27		

К примеру, для комплекса 1КД90 существует 8 сочетаний однако используя теорию графов количество вариантов сократилось до двух; тоже и для комплексов 3КД90 и ДМ. Построение альтернативного графа и анализ его маршрутов на начальном этапе проектирования позволит исключить наиболее неблагоприятные сочетания типов забойного оборудования, в тот же момент поиск наиболее рациональной комплектации сведется к анализу 2-3 технологических цепочек «крепь–комбайн–конвейер». Последующая оценка, с использованием критерия желательности [5] позволит выбрать наиболее благоприятное сочетание механизированного комплекса с позиции минимизации энергозатрат, обеспечения управления породами кровли при сложных горно-геологических условиях, максимальной пропускной способности средств транспортировки.

Идея состоит в том, что оценка механизированного комплекса выражается безразмерной функцией желательности, которую можно построить преобразованием измеренных значений « y » в безразмерную шкалу желательности « d ». Шкала устроена так, что наиболее предпочтительному значению соответствует более высокая оценка функции желательности. Полученное значение является характеристикой объекта, т.е. соответствием полученного значения к требуемому (желаемому).

Основными характеристиками очистного комбайна являются: энергетические затраты на отбойку 1т угля, энергетические затраты на отбойку 1м³ угля, эталонные энергозатраты на отбойку 1т угля, относительная эффективность процесса выемки [6,7].

Основными оптимизационными параметрами механизированной крепи являются: тип связи с рещтачным ставом забойного конвейера, вид связи с подсистемами кровли пласта и обрушенных пород, возможность последовательного закрепления обнаженной части кровли, взаимодействие перекрытия при передвижке секций крепи, взаимодействие с почвой пласта, тип взаимосвязи ограждения с основанием и перекрытием, эксплуатационные характеристики (надежность, безопасность, простота обслуживания), вероятные компоновочные схемы расположения гидростоек в секциях крепи, компоновочные схемы расположения гидродомкратов передвижки и рещтачного става, тип устройств, обеспечивающих направление секции крепи при передвижке, тип механизма, обеспечивающего активную корректировку положения секции крепи в поперечной плоскости, тип основания секции механизированной крепи, коэффициент затяжки кровли, согласованность с шириной захвата очистного комбайна, маневренность [8–10].

В качестве оценки качества забойных конвейеров были приняты: удельные энергозатраты на транспортировку, обеспечение пропускной способности, максимальная производительность, отношение погонной массы транспортирующих частей к линейной [11–13].

После определения основных параметров, характеризующих работу очистного комбайна, необходимо полученные значения перевести в частные функции отклика. Это реализуется следующим приемом: худшему значению присваивается значение 0,2, а лучшему 0,8. Для перехода от измеренного значения к частной функции отклика используется формула:

$$d = \exp[-\exp(b_0 - b_1 y)]$$

где d – частная функция желательности;

y – измеренное значение;

b_0, b_1 – коэффициенты, которые могут быть определены из системы уравнений:

$$\begin{aligned} \exp[-\exp(-y)] = 0,8 \text{ отсюда } y &= 1,51 \\ \exp[-\exp(-y)] = 0,2 \text{ отсюда } y &= -0,46 \end{aligned}$$

Система уравнений позволяющая определить коэффициенты b_0, b_1 имеет вид:

$$\begin{aligned} b_0 + b_1 y_{max} &= 1,51 \\ b_0 + b_1 y_{min} &= -0,46 \end{aligned}$$

где y_{max} – максимальное значение;

y_{min} – минимальное значение;

После этого можно вычислить обобщенную функцию желательности. Она определится по формуле:

$$D_G = \sqrt[q]{\prod_{i=1}^q d_i}$$

где q – количество частных функций желательности;

d_i – частные функции желательности;

Эффективность комплектации механизированного комплекса можно оценить обобщенным критерием желательности Харрингтона, который равен среднегеометрическому произведению частных критериев желательности крепи, комбайна, конвейера.

Определение наиболее рационального сочетания типов очистного оборудования сведется к определению обобщенного критерия желательности Харрингтона. В табл. 2 приведены значения критерия желательности для наиболее благоприятных сочетаний типов очистного оборудования.

Таблица 2 – Значения критерия желательности для комплексов 1КД90, ДМ, 3КД90

Механизированный комплекс	Благоприятное сочетание		Значение критерия
	комбайн	конвейер	
1КД90	1К101	СП26	0,63
	1К101	СП326	0,64
ДМ	РКУ10	СП251	0,61
	РКУ10	СП271	0,68
	УКД200	СП326	0,75
3КД90	1ГШ68	СП326	0,74
	КДК500	КСД27	0,69

Из таблицы 2 следует, что для комплекса 1КД90 наиболее рациональным является сочетание комбайна 1К101 с конвейером СП326; для комплекса ДМ сочетание комбайна УКД200 с конвейером СП326; для комплекса 3КД90 сочетание комбайна 1ГШ68 и конвейера СП326.

Как показывает анализ табл. 1,2 и альтернативных графов 2,3,4 производительность очистного комплекса и критерий желательности взаимосвязаны. К примеру, производительность комбайна УКД200 в составе комплекса 1КД90 и ДМ всегда была меньше 1000т/сут. при

любых сочетаниях с забойными конвейерами, только при сочетании с конвейером СП326 производительность составила 1097т/сут. (шахта «Краснолиманская»), о чем и свидетельствует высокий показатель критерия Харрингтона (порядка 0,75). Производительность очистного забоя укомплектованного комбайном 1К101 совместно с конвейером СП326 и механизированной крепью 1КД90 составила 1064т/сут. (ш/у Глубокое), что соответствует показателю функции желательности 0,64 (наивысший показатель для комплекса 1КД90). Из табл. 2 следует, что при максимальном показателе критерия желательности суточная нагрузка на очистной забой всегда превышала 1000т/сут. Производительность комплекса 3КД90 составила 3181т/сут. при комплектации комбайном 1ГШ68 и конвейером СП 326, это объясняется тем, что пропускная способность конвейера максимальная среди рассмотренных аналогов, а эффективность процесса выемки комбайна максимальная среди всех типов очистных машин. Для комплексов в составе которых есть комбайн РКУ10 максимальная суточная нагрузка составила 1697т/сут. (ш. «Добропольская») при значении критерия желательности 0,61; столь низкие показатели для комбайна РКУ10 объясняются высокими энергозатратами на разрушение массива и эксплуатацией вне зоны рационального использования по мощности пласта (менее 1,5м), также мощность привода комбайна наибольшая среди всех типов очистных комбайнов.

В процессе выполнения работы было установлено, что использование теории графов позволяет установить наиболее благоприятные сочетания типов очистного оборудования для каждого механизированного забоя. После определения возможных вариантов комплектации следует проводить оценку на основе критерия желательности Харрингтона. Особенно важно применять критерий желательности Харрингтона на стадии проектирования высокопроизводительных очистных забоев, когда предъявляются требования не только к очистному комбайну (минимизация энергозатрат, повышенная производительность), но и к крепи (согласованность с шириной захвата очистного комбайна, повышенный контакт с породами кровли, отсутствие «зарывания» основания крепи в породы почвы пласта), конвейеру (максимальная пропускная способность, минимальная масса неподвижных частей конвейера). Как показывает анализ табл. 1,2 и графов 2,3,4 максимальная производительность наблюдалась в комплексах, где используется конвейер СП326 у которого максимальная пропускная способность. Минимальная производительность была в очистных забоях где использовался конвейер СП251 (минимальная пропускная способность, минимальное пропускное сечение).

На основе проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

- оценка эффективности фактической взаимосвязи типов очистного оборудования с применением теории графов позволяет выбрать и определить область механизированной добычи угля с максимальной нагрузкой;

- подбор оборудования следует вести на основе фактической взаимосвязи конструктивных параметров оборудования, уровень которой надежно оценивается при совместном применении критерия желательности и теории графов.

Дальнейшие исследования необходимо направить на создание сетевых моделей, которые будут учитывать горно-геологические и горно-технические условия эксплуатации угольного месторождения, а также капитальные затраты на горно-шахтное оборудование и себестоимость добычи угля при заданных объемах угольной продукции. Эффективность деятельности предприятий угольной отрасли в современных условиях зависит от удовлетворения, как энергетических потребностей так и потребностей экономики нашей страны.

Список использованной литературы

1. Павленко И.И. Моделирование развития угольной промышленности Украины в условиях ограниченных инвестиций / И.И. Павленко // Економіка промисловості. — 2007. — № 1. — С. 105-111.
2. Майдукова С.С. К вопросу инвестиций в угольные шахты Украины/ С.С. Майдукова// Горная техника. — 2010. — №10. — С. 20-25.
3. Гринев В. Г. . Технологические аспекты физики горных процессов/В.Г. Гринев, П.П. Николаев, А.И. Деуленко, П.В. Череповский //Наукові праці УкрНДМІ НАН України. – Донецьк–2013–№13. – 197–208.
4. А.А. Хорольский Рациональный выбор состава механизированных комплексов в условиях эксплуатации забоев Донбасса/ Хорольский А.А., Гринев В.Г., Сынков В.Г.// Материалы международной конференции «Форум

горняков – 2015», 30 сентября – 3 октября 2015г., Днепропетровск. – Д.: Национальный горный университет, Т1 – С58–68.

5. Харрингтон Дж. Х. Управление качеством в американских корпорациях: Сокр. пер. с англ./ Авт. вступ. ст. и науч. ред. Л.А. Конарева.–М.: Экономика, 1990.–272с.

6. ОСТ 12.44. 258-84 Комбайны очистные. Выбор параметров и расчет сил резания и подачи на исполнительных органах. Методика. Введен. с 01.01.86.

7. Плотников В.П. Вывод формулы для расчета производительности очистных комбайнов со шнековыми, барабанными или корончатым исполнительным органом./Горный информационно–аналитический бюллетень (научно-технический журнал).–2010.–№9.–С48–51.

8. ГОСТ 31561–2012. Крепи механизированные для лав. Основные параметры. Общие технические требования. [Текст]. – Введ. с 01.01.2014. – Москва: Издательство стандартов, 2012 – 27с.

9. Гребенкин.С.С. Основы создания и эффективной эксплуатации систем жизнеобеспечения очистного оборудования для угольных шахт: [моногр.] / С.С. Гребёнкин, В.В. Косарев, С.Е. Топчий, Н.И. Стадник, В.И. Зензеров, В.В. Стеблин, Б.А. Перепелица, В.Н. Поповский; под общей редакцией Гребенкина С.С. и Косарева В.В. – Донецк: «ВИК», 2009. – 372с.

10. Горбатов П.А. Горные машины для подземной добычи угля: Учебн. пособие/ П.А. Горбатов, Г.В. Петрушкин, Н.М. Лысенко, С.В. Павленко, В.В. Косарев; Под общ. ред. П.А. Горбатова. –2-е изд. перераб. и дополн. – Донецк: Норд Компьютер, 2006.–669с.: ил.

11. Юрченко В.М. Критерии выбора шахтных транспортных средств//Вестник КузГТУ . 2014. С58–59.

12. ОНТП1-86 Общесоюзные нормы технологического проектирования подземного транспорта горнодобывающих предприятий/ Министерство угольной промышленности СССР 31.03.1986 г. Дата ввода документа в действие: 01.04.1986 г.

13. ГОСТ Р 55152-2012 "Оборудование горно-шахтное. Конвейеры шахтные скребковые передвижные. Общие технические требования и методы испытаний" [Текст] Введ. с 01.01.2014. – Москва: Стандартинформ, 2012 – 8с.

Надійшла до редакції 19.12.2014

А.О. Хорольський, В.Г. Грінюв, В.Г. Синков

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МЕХАНІЗОВАНОГО ВИДОБУТКУ ВУГІЛЛЯ НА ОСНОВІ ОЦІНКИ РІВНЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ТИПУ ОЧИСНОГО ОБЛАДНАННЯ

Підбір обладнання механізованих комплексів слід проводити на основі фактичного взаємозв'язку його параметрів, рівень якого оцінюється при спільному використанні критерію бажаності Харрінгтона та теорії графів. Побудова альтернативного графу та аналіз його маршрутів на початковому етапі проектування дозволяє виключити найбільш несприятливі поєднання типів обладнання. Пошук найбільш раціональної комплектації зведеться до аналізу 2-3 технологічних ланцюгів «механізоване кріплення – комбайн – конвеєр». Наступна оцінка, з використанням критерію бажаності дозволила обрати найбільш сприятливе поєднання з позиції мінімізації енерговитрат, забезпечення керування породами покрівлі, максимальної пропускної здатності засобів транспортування.

Ключові слова: очисне обладнання, потужність пласта, довжина очисного вибою, критерій бажаності, альтернативний граф.

A.A. Khorolskiy, V.G. Grinev, V.G. Synkov

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF MECHANIZED COAL MINING ON THE ESTIMATED BASIS OF THE RELATIONSHIP OF TYPES OF CONTROL EQUIPMENT

In the article analyzed mining industry in Ukraine. The paper provides a method of choice mining machinery with the help of theory graph and the criterion of Harrington. To propose an alternative methods selection mining equipment by functional connection. The rational parameters of the mechanized complex on the base of actual intercommunication are considered «mechanization support -combine-conveyer» in cleansing longwall face of western Donbass. The nomenclature of mountain-mine equipment is analysed and an alternative graph for complexes 1KD90, 3KD90, DM. The article is devoted to the study of the level relationship types of purification equipment in the coal mines of the Donbass. This task has been formulated as a problem in graph theory and proposed a solution based on classical optimization algorithms for networks and graphs. The paper provides a method of choice mining machinery with the help of. the criterion of Harrington.

Keywords: mining equipment, mechanized support, coal combine, conveyor, seam height, stope length, the criterion of Harrington.