

УДК622: 33.003.55

А.А. ХОРОЛЬСКИЙ (аспирант)

В.Г. ГРИНЕВ (д-р техн. наук, проф.)

Институт физики горных процессов НАН Украины, Днепропетровск

В.Г. СЫНКОВ (д-р техн. наук, проф.)

Красноармейский индустриальный институт ГВУЗ ДонНТУ, Красноармейск

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЛАСТИ РАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОЧИСТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ШАХТАХ ДОНБАССА

В работе предложено оценивать эффективность комплектации очистного оборудования в составе механизированного комплекса на основе обобщенного критерия желательности. Установление рациональной области эксплуатации очистного оборудования сводится к решению задачи определения критерия желательности Харрингтона для различных условий эксплуатации. Исследована фактическая взаимосвязь типов очистного оборудования в составе технологической цепочки «крепь – комбайн – конвейер», которая позволяет выбрать и определить область механизированной добычи угля с максимальной нагрузкой. Проведена комплексная оценка и даны рекомендации по определению области использования горно-шахтного оборудования, которое эксплуатируется в очистных забоях Западного Донбасса.

Ключевые слова: критерий желательности Харрингтона, комбайн, крепь, конвейер, мощность пласта, горно-геологические условия, рациональная область эксплуатации.

В последние 5 лет на повестку дня выносятся вопросы о целесообразности добычи угля на территории Украины. Некоторые руководители считают, что угольная отрасль Украины – убыточна и не имеет возможности дальнейшего развития, а обречена на постепенное затухание, вплоть до ликвидации. В пользу данного аргумента приводятся данные свидетельствующие о том, что 28% - угольных шахт более 70 лет эксплуатируются, на 84% шахт реконструкция была более 20 лет назад, однако никто не учитывает потенциал отрасли [1].

Как показало исследование [2] между годовой мощностью и себестоимостью есть корреляционная связь: с ростом годовой проектной мощности себестоимость продукции снижается, при достижении годовой добычи свыше 600 тыс.т. шахта выходит на самоокупаемость. При годовой производительности менее 300 тыс.т. наблюдается резкое повышение себестоимости тонны продукции (1800 грн/т – при годовой мощности 100 тыс.т/год, 1200 грн./т – при годовых объемах добычи – 200 тыс.т/год).

Принципиальная позиция данной работы заключается в том, что приобретение нового оборудования не является единственным условием выхода угледобывающей отрасли из кризиса; необходимо также уделить внимание рациональному выбору комплектации очистного оборудования, усовершенствовать технологию ведения работ. В пользу данного довода можно привести опыт эксплуатации очистного оборудования на шахте «Комсомолец Донбасса». На шахте функционировал очистной комплекс КД80 в составе механизированной крепи КД80, очистного комбайна 1К101 и конвейеров СП202, СП250; производительность комплекса составила 3070т/сут. Повышение производительности достигалось за счет уменьшения простоев оборудования, сокращения времени на концевые операции, совершенствования технологии ведения работ [3]. Еще один немаловажный довод в поддержку существующей техники; современные очистные механизированные комплексы способны функционировать при благоприятных горно-геологических условиях (мощность пласта более 1,2м, угол залегания менее 18 градусов), однако только 95млн.т. угля приходится на пласты с благоприятными условиями залегания [4].

М. Мышковский [Michael Myszkowski] [5] замечает, что несмотря на попытки приведения всех технологий к общему знаменателю в большинстве случаев отсутствовал комплексный подход; чаще всего рассматриваются либо технические параметры очистного оборудования, либо технология ведения работ. Поэтому необходимо учитывать технические, эксплуатационные, экономические факторы.

Для оценки уровня рациональности эксплуатации горно-шахтного оборудования следует учесть два фактора:

1. Степень качественного взаимодействия технологических цепочек очистного оборудования, которое участвует в процессе выемки;
2. Соответствие горно-шахтного оборудования заданным горно-геологическим условиям.

Для решения поставленной задачи нами был использован критерий желательности Харрингтона [6], адаптированный к условиям угольной промышленности.

В качестве оптимизационных параметров очистного комбайна следует принимать уровень энергетических затрат [7,8].

В.И. Бузило [7] отмечает, что при применении узкозахватных комбайнов, увеличение скорости подачи на 1% приводит к снижению удельных затрат электроэнергии в среднем на 0,44-0,67%, а реальные резервы для энергосбережения в комплексно-механизированной лаве составляют 13-19%. На процесс выемки приходится около 16% от общего потребления энергии угольного предприятия.

Г.Г. Литвинский [8] считает, что при сравнении типов очистного оборудования следует руководствоваться не только величиной суточной, минутной производительностей, но и конструктивными параметрами. Обобщенный критерий эффективности прежде всего характеризует, ценой каких затрат энергии и материалоемкости достигается конечный результат, отраженный в производительности очистной техники.

В качестве основных показателей очистного комбайна могут быть использованы: энергетические затраты на отбойку 1 м^3 угля $W_{\text{Ар}}$, эталонные затраты на разрушение 1 м^3 угля N_{We} , энергетическая эффективность $\zeta_{\text{эф}}$. В соответствие с [9–13] были рассчитаны основные характеристики очистного комбайна при различных мощностях пласта.

После определения основных параметров, характеризующих работу очистного комбайна, необходимо полученные значения перевести в частные функции отклика [6]. 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:

$$b_0 + b_1 y_{\text{max}} = 1,51$$

$$b_0 + b_1 y_{\text{min}} = -0,46$$

где y_{max} – максимальное измеренное значение;

y_{min} – минимальное измеренное 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;

Для всех очистных комбайнов были рассчитаны обобщенные критерии желательности в зависимости от мощности пласта (табл. 1).

Таблиця 1. Значения функции желательности D_G различных типов очистных комбайнов в зависимости от мощности пласта

Мощность пласта, м	Тип очистного комбайна					
	1К101	1К103	УКД200	КА80	1ГШ68	РКУ10
0,9	–	–	0,54	0,31	–	–
1,0	0,60	0,59	0,58	0,34	–	–
1,1	0,62	0,62	0,72	0,38	–	0,33
1,2	0,71	0,66	0,66	0,39	–	0,39
1,3	0,62	0,69	0,71	–	–	0,51
1,4	0,61	0,72	–	–	–	0,60
1,5	–	–	–	–	0,65	0,61
1,7	–	–	–	–	0,72	0,62
1,9	–	–	–	–	0,73	0,65
2,1	–	–	–	–	0,74	–
2,3	–	–	–	–	0,75	–

Анализ табл. 1 позволил прийти к выводу, что для каждого очистного комбайна существует рациональная область эксплуатации. Процесс выемки можно считать эффективным при значении обобщенного критерия желательности 0,60 – 0,80 [6].

Конструктивная оценка механизированной крепи проводится в соответствии с ГОСТ 31561–2012 [14] и справочной литературой [15,16]; к ней предъявляется ряд требований, которые могут быть использованы в качестве оценки конструкции.

Основными оптимизационными параметрами механизированной крепи являются: связь с рештачным 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 рештачного 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 [15,16].

В соответствии с рекомендациями [15,16] комплексная оценка представляет собой сумму параметров. Оценка механизированной крепи проводится следующим образом:

проводим анализ механизированной крепи по 15 показателям [16].

в случае соответствия конструкции крепи предпочтению начисляется 1 балл, в случае несоответствия предпочтению 0 баллов [15,16];

полученную оценку необходимо привести в соответствие с функцией желательности

В таблице 2 приведены обобщенные функции желательности для наиболее распространенных механизированных крепей

Таблиця 2. Обобщенный критерий желательности для механизированных крепей

Тип механизированной крепи	Количество баллов (в соответствии с таблицей 5)	Обобщенный критерий желательности
КД80	10	0,65
1КД90, 2КД90, 2КД90Т, 3КД90, 3КД90Т	12	0,73
ДМ, КДД	14	0,80
1,5МТ	8	0,55

Анализ табл. 2 позволил определить рациональную область эксплуатации (табл.3) для различных типов механизированных крепей.

Таблица 3 – Характеристики области эксплуатации для механизированных крепей

Тип механизированной крепи	Область эксплуатации	
	рациональная область эксплуатации	нерациональная область эксплуатации
КД80	устойчивые породы кровли, почвы, угол наклона выработки до 10^0	труднообрушаемые породы кровли, наличие горно-геологических нарушений
1КД90, 2КД90, 2КД90Т, 3КД90, 3КД90Т	устойчивые породы кровли, почвы, угол наклона выработки до 10^0	наличие горно-геологических нарушений
КДД, ДМ, ДТ	устойчивые породы кровли и почвы, угол наклона выработки до 18^0	слабые породы почвы, наличие горно-геологических нарушений
1,5МТ, КМ88	при наличии горно-геологических нарушений, невыдержанной мощности пласта	угол наклона выработок более 10^0

В качестве оценки качества забойных конвейеров были приняты: удельные энергозатраты на транспортировку, обеспечение пропускной способности, максимальная производительность, отношение погонной массы транспортирующих частей к линейной [17, 18].

Для наиболее популярных скребковых конвейеров были рассчитаны частные критерии желательности (табл.4).

Таблица 4. Обобщенный критерий желательности для скребковых конвейеров

Тип забойного конвейера	Ресурс конвейера	Максимальный транспортный поток	Площадь транспортировки	Отношение погонной массы к линейной	Обобщенный критерий желательности
СП26	0,32	0,36	0,59	0,80	0,47
СП250	0,32	0,36	0,34	0,80	0,42
СП251	0,44	0,36	0,34	0,58	0,41
КСД26	0,51	0,44	0,59	0,52	0,52
СПЦ163	0,28	0,44	0,59	0,62	0,46
СП271	0,70	0,52	0,68	0,51	0,60
СП326	0,58	0,80	0,80	0,62	0,69
СПЦ230	0,80	0,61	0,75	0,39	0,61
СПЦ273	0,32	0,62	0,75	0,39	0,49
СЗК228	0,58	0,71	0,80	0,20	0,51
СП202	0,28	0,36	0,34	0,80	0,41

Анализ табл. 4 позволил установить, что при проектировании высокопроизводительного очистного участка следует обращать внимание на величину максимального транспортного потока и площадь транспортировки, т.к при суточной нагрузке более 1500т/сут. на первый план выходит максимальная транспортная способность; при суточной нагрузке менее 1500т/сут. более рационально использовать конвейер с небольшой площадью транспортировки и с минимальным отношением погонной массы к линейной, что позволит уменьшить общий уровень энергозатрат. На основе вышеизложенного можно прийти к выводу, что при нормативной нагрузке на очистной забой менее 1500 т/сут. целесообразно использовать конвейеры типа СП202, СПЦ163, КСД26 и др., при суточной нагрузке более 1500т/сут. целесообразно применять конвейера типа СП326, СПЦ230, СЗК228, СПЦ273 и др.

Эффективность комплектации механизированного комплекса можно оценить обобщенным критерием желательности Харрингтона, который равен среднегеометрическому произведению частных критериев желательности крепи, комбайна, конвейера. В качестве объекта исследования была рассмотрена работа наиболее популярных механизированных комплексов 1КД90, ДМ, ЗКД90 фактические данные по производительности были сравнены со значением критерия желательности (табл. 5).

Таблица 5. Показатели работы комплексных механизированных забоев (по данным Донецкой областной государственной администрации)

Шахта	Тип забойного оборудования			Суточная нагрузка, т/сут.	Критерий желательности
	крепь	комбайн	конвейер		
им. Е.Т. Абакумова	1КД-90	УКД200	СП251	394	0,60
Южнодонецкая №1	1КД-90	УКД200	СП251	692	0,61
	1КД90	УКД200	СПЦ163	250	0,60
им. С.М. Кирова	1КД-90	1К101	СП202	824	0,62
Холодная балка	1КД-90	1К101	СП26	753	0,62
Им. А.Г. Стаханова	1КД-90	РКУ10	СП251	671	0,58
	1КД-90	УКД200	СП26	681	0,62
Кураховская	1КД-90	1К101	СП26	512	0,62
Россия	1КД-90	1К101	СП-26	848	0,62
Украина	1КД-90	1К101	СП26	706	0,62
ш/у Глубокое	1КД-90	1К101	СП326	1064	0,64
	1КД-90	1К101	СП26	1045	0,64
Щегловская-Глубокая	ДМ	УКД200	СП26	495	0,62
	ДМ	УКД200	СПЦ163	771	0,66
Коммунарская	ДМ	РКУ10	СПЦ271	1359	0,68
	ДМ	УКД200	СПЦ163	744	0,67
Южнодонецкая №1	ДМ	УКД200	СП26	831	0,67
Краснолиманская	ДМ	УКД200	СП-326	1097	0,75
Добропольская	ДМ	РКУ10	СП251	1697	0,61
	ДМ	РКУ10	СП251	985	0,61
им. Челюскинцев	ЗКД-90	1ГШ68	СП250	460	0,62
Коммунарская	ЗКД-90	РКУ10	СПЦ271	547	0,65
Чайкина	ЗКД-90	РКУ10	КСД26	584	0,60
им А.Ф. Засядько	ЗКД90	1ГШ68	СП326	1927	0,74
	ЗКД90	1ГШ68	СП326	3181	0,76

Как показывает анализ табл. 5 суточная производительность очистного забоя и критерий желательности взаимосвязаны. Для комплекса 1КД90 уровню суточной нагрузки менее 1000т/сут. соответствовало значение критерия желательности 0,60–0,63; при значении показателя более 0,64 суточная производительность более 1000т/сут. (ш/у Глубокое). Для комплекса ДМ оптимальное значение критерия желательности 0,68–0,75 (Коммунарская, Добропольская, Краснолиманская). 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). Для комплекса ЗКД90 оптимальное значение критерия желательности более 0,72 (им. А.Ф. Засядько).

На основе проведенного исследования можно прийти к ряду выводов:

- подбор оборудования следует вести на основе фактической взаимосвязи конструктивных параметров оборудования, уровень которой надежно оценивается при применении критерия желательности;
- оценка эффективности фактической взаимосвязи типов очистного оборудования с применением безразмерного обобщенного критерия желательности позволяет выбрать и определить область механизированной добычи угля с максимальной нагрузкой.

Список источников информации

1. Петенко И.В. Проблемы рентабельности угольной продукции/ И.В. Петенко, С.С. Майдукова// Уголь Украины. — 2014. — №10. — С.18–27.
2. Ященко Ю.П. Достижение экономических пропорций расширенного воспроизводства на действующих шахтах Донбасса/ Ю.П. Ященко// Уголь Украины. — 2011 — №9.—6–11.
3. Пилюгин В.И. Влияние технических и технологических инноваций на перспективу развития шахты/ В.И. Пилюгин// Уголь Украины. — 2010.—№12.—С.13–16.
4. Череватский Д.Ю. Промышленная политика для угольной промышленности/ Д.Ю. Череватский// Экономика промышленности. — 2012.—№1,2.—С.36–49.
5. Michael Myszkowski, Uli Paschedag. Longwall mining in seams of medium thickness comparison of plow and shearer performance under comparable conditions. — Caterpillar Inc.—2013.—50p.
6. 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.
7. Бузило В.И. Анализ влияния технологии и элементов системы разработки на энергосбережение в угольных шахтах/ В.И. Бузило, С.Н. Пойманов, В.П. Расстрига// Розробка родовищ 2013: щорічний наук.–техн. збірник. — Дніпропетровськ. — 2013.—С.115–120.
8. Литвинский Г.Г. О методике и критериях оценки технического уровня горной техники/ Г.Г. Литвинский// — В сб.: Технология проектирования подземного строительства/ — Вестник академии строительства Украины. — Донецк: Норд-Пресс, 2003, с. 62–67.
9. Изделия угольного машиностроения. Комбайны очистные. Методика выбора параметров и расчета сил резания и подачи на исполнительных органах (взамен ОСТ12.44.258-84): КД12.10.040-99.— [Введен с 2000-01-01].— Донецк: 1999. — 75с.
10. M. Ayhan, E.M. Eyyuboglu Comparison of globoid and cylindrical shearer drums' loading performance // The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy. — 2006.—№106.—p.51–56.
11. Kuidong Gao, Changlong Du, Jianghui Dong, Qingliang Zeng. Influence of the drum position parameters and the ranging arm thickness on the coal loading performance // Minerals.— 2015—№5.—p.723–736.
12. Krzysztof Krauze A concept of shearer designed for coal mine's low longwall conditions// Technical, Technological and Economic Aspects of Thin-Seams Coal Mining International Mining Forum 2007.— Taylor & Francis Group plc, London.—2007.—p.9–14.
13. 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.
14. ГОСТ 31561–2012. Крепи механизированные для лав. Основные параметры. Общие технические требования. [Текст]. — Введ. с 01.01.2014. — Москва: Издательство стандартов, 2012 — 27с.
15. 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.
16. Бузило В.И. Обоснование параметров и области применения бесконсольных механизированных крепей очистных комплексов: [монография] / В.И. Бузило, В.П. Сердюк, А.Г. Кошка, Е.А. Яворская, Е.А. Коровяка, А.В. Яворский; М-во образования и науки Украины; Нац. горн. ун-т. — Д. : НГУ, 2014. — 95 с.
17. Юрченко В.М. Критерии выбора шахтных транспортных средств//Вестник КузГТУ—2014. С58–59.
18. 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 05.04.2016

А.О. Хорольський¹, В.Г. Грінюв², В.Г. Синков³

¹Інститут фізики гірничих процесів національної академії наук України, Дніпропетровськ

²Красноармійський індустріальний інститут Донецького національного технічного університету, Красноармійськ

ДОСЛІДЖЕННЯ ОБЛАСТІ РАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОЧИСНОГО ОБЛАДНАННЯ НА ШАХТАХ ДОНБАСУ

В роботі запропоновано оцінювати ефективність комплектації очисного обладнання в складі механізованого комплексу на основі узагальненого критерію бажаності. Встановлення раціональної області експлуатації очисного обладнання зводиться до вирішення задачі визначення критерію бажаності Харрінгтона для різних умов експлуатації. Проведено комплексну оцінку та надано рекомендації щодо визначення області використання гірничошахтного обладнання, яке експлуатується в очисних вибоях Донбасу.

Ключові слова: критерій бажаності Харрінгтона, комбайн, кріплення, конвеєр, потужність пласта, гірничо-геологічні умови, раціональна область експлуатації.

A.A. Khorolskiy¹, V.G. Grinev², V.G. Synkov³

¹Institute for Physics of Mining Processes the National Academy of Sciences of Ukraine, Dnepropetrovsk

²Krasnoarmeysk industrial institute Donetsk National Technical University (KII DonNTU), Krasnoarmeysk

RESEARCH OF REGION OF RATIONAL EXPLOITATION MINING EQUIPMENT ON MINES FOR DONBASS

In this approach, authors tried to conduct a comprehensive comparison of both longwall extraction methods, by having a closer look at relevant aspects. The analysis spanned all faces and specifically focused on the most efficient longwalls. For the purpose of making that comparison as objective as possible, both longwall systems need to operate under comparable conditions. Longwall face performance is a function of all factors presented above. All expenses connected to mining activities are combined together and referred to as Harrington criterion. In order to compare the performance of shearer, AFC, mechanized roof support in medium thickness coal seams use Harrington criterion. Modifications to the powered supports and the face conveyor will also be necessary to allow their effective work with the new type of shearer.

Keywords: Harrington criterion, shearer, mechanized roof support, AFC, face height, geologic and production settings, operating envelope.