

7. Григорьев В.А. Сети и системы радиодоступа / В.А. Григорьев, О.И. Лагутенко, Ю.А. Распаев. - М.: Эко-Трендз, 2005. - 384 с.
 8. Максим М. Безопасность беспроводных сетей / М. Максим, Д. Полино. - М.: Компания "АйТи"; ДМК Пресс, 2004. - 288 с.
 9. Олифер В.Г. Основы сетей передачи данных / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. - Интернет-университет информационных технологий, 2005.
 10. Таненбаум Э.С. Компьютерные сети / Э.С. Таненбаум – СПб.: Питер, 2003.– 848 с.
 11. Официальный сайт компании Cisco - <http://cisco.ru>
 12. Сайт технологии Wi Fi - <http://wifi-wiki.ru>
 13. Худяков Г.И., Осипов А. Развитие теории оценивания пропускной способности систем электро- и радиосвязи, Компоненты и технологии. 2011. № 7.
 14. Складар Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практические применения / Пер. с англ. М.: Изд. Дом «Вильямс», 2007.
 15. Галлагер Р. Теория информации и надежная связь. М.: Советское радио, 1974.
- Рукопись подано до редакції 15.04.14

УДК.622.61

О.Д. ПОЧУЖЕВСКИЙ, канд. техн. наук., Криворожский национальный университет,
Е.М. АРЕФЬЕВ, канд. техн. наук, доц., Донецкий национальный университет

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ КОНВЕЙЕРНЫХ ЛЕНТ

На основе анализа вопроса очистки ленты от налипающей на нее горной массы установлено, что это является одной из важнейших операций при эксплуатации ленточных конвейеров на горных предприятиях, которая в свою очередь занимает около четверти объема ручных работ по их обслуживанию, а также приводит к более чем трети всех несчастных случаев на предприятиях горной промышленности. Проведенный анализ научных работ, позволил установить, что существует достаточно много всевозможных способов очистки лент, однако задача выбора оптимального способа очистки для конкретных условий зависит от совокупности всевозможных факторов (критериев) и может быть решена только с помощью использования многокритериальной оптимизации. Данный метод решения задач заключается в поиске оптимального решения, удовлетворяющего нескольким критериям, и сводится к выполнению ряда этапов. В связи с этим предложен алгоритм сравнительной оценки эффективности способов очистки конвейерных лент, состоящий из четырех этапов, который может быть использован при проектировании очистителей под заданные условия эксплуатации конвейера. Алгоритм учитывает 24 частных критерия эффективности, объединенные в экономические, эксплуатационные, технологические и социальные группы, а также весовости этих критериев. Таким образом, результаты многокритериальной оптимизации позволяют сделать вывод о перспективности очистки конвейерных лент от налипающей горной массы отрывом, обеспечивающий минимальное значение интегрального критерия.

Проблема и ее связь с научными или практическими задачами. Повышение эффективности горнодобывающих отраслей промышленности в значительной степени зависит от дальнейшего совершенствования средств непрерывной доставки горной массы. В свою очередь ленточные конвейеры в горной промышленности относятся к наиболее эффективным средствам непрерывного транспорта, поскольку характеризуются относительной простотой конструкции и обслуживания, низкими эксплуатационными затратами и высокой производительностью. Однако очистка конвейерной ленты от налипания на нее горной массы очень часто является серьезной проблемой для многих предприятий перерабатывающей, добывающей, обогащающей, строительной и других отраслей. Неудовлетворительная очистка ленты вызывает ее повышенный износ, увеличение количества аварийных остановок, приводит к интенсивному загрязнению подконвейерного пространства просыпью транспортируемого груза, очистка которого является весьма трудоемкой (составляет около 25 % от всего объема ручных работ по обслуживанию конвейеров) и кроме того небезопасной операцией (около трети всех несчастных случаев на предприятиях горной промышленности).

Среди очистных устройств конвейерных лент наибольшее распространение получили контактные скребковые и ножевые очистители за счет их более простых конструктивной реализации и обслуживания.

Анализ исследований и публикаций. Проблема борьбы с налипанием груза на конвейерные ленты не нова. Выявлено работы десятков научных, проектных организаций и высших учебных заведений. Публикации касаются широкого круга вопросов: налипание, его механизм и факторы, распределение силы адгезии по ширине конвейерной ленты, моделирование усло-

вий и определения параметров загрязнения, синтез, выбор, оптимизация показателей средств очистки, исследования отдельных способов и устройств, их реализующих. Все это достаточно широко отображено в работе Бережного А.Ю. [1].

Бибиков П.Я. в своей работе [2], провел достаточно объемный и обобщенный анализ проблемы очистки конвейерной ленты. Рассмотрено то, что еще в прошедшие десятилетия многие научно-исследовательские и проектно-конструкторские институты и предприятия в основном горного профиля вели работы по созданию очистителей конвейерных лент, однако, большинство из них носило частный поисковый характер, без учета перспективных направлений и достижений в мировой практике. Сказывались также трудности разного характера в освоении новой техники, дефицит высококачественных конструкционных материалов.

Существующих способов и устройств для очистки ленты существует большое количество, только патентный фонд технических решений в данной области включает более чем 600 патентов и авторских свидетельств по классу В65G 45/00 и является наиболее многочисленным. Несмотря на то, что принципиально новые конструкции в данной области появляются редко, а большинство изобретений сводится к разработке отдельных узлов или использованию новых материалов, известных в других областях техники, разобраться в конструкции и оценить эффективность ее работы может только специалист в данной области техники.

Исходя из вышеизложенного, можно констатировать что сложность решения проблемы заключается в следующем:

в литературе по непрерывному транспорту данной проблеме уделяется мало внимания, авторы в лучшем случае, излагают общие принципы подхода к проблеме. Специальная литература по очистке ленты, к которой можно обратиться носит в основном обзорный характер;

отечественная промышленность как не изготавливала, так и не изготавливает серийно эффективные устройства для очистки лент, а освоенные в 60-е годы прошлого столетия и поставляемые в комплекте с конвейерами одинарные и спаренные скребки, а также вращающиеся цилиндрические щетки не отличаются высоким качеством очистки ленты;

заказчики, составляя исходные требования на проектирование конвейерных установок, как правило, в лучшем случае ограничиваются словами: «предусмотреть мероприятия по соблюдению чистоты подконвейерного пространства» или «ленточный конвейер должен быть спроектирован так, чтобы под ним было как можно меньше просыпи»;

заказчик и исполнитель, согласовывая стоимость работ или проектирование на изготовление конвейерной установки, не учитывают затраты на разработку очистительных установок и возможные в связи с этим исследовательские работы;

отсутствует единая методика, позволяющая объективно оценить эффективность работы очистительных устройств;

проектировщики и производственники пользуются консультациями специалистов по данному вопросу.

Тарасов Ю.Д. в работе [3] классифицирует способы очистки конвейерных лент по характеру отделения загрязняющих примазок:

основанные на сдвиге (срезании) примазок параллельно плоскости ленты,

основанные на отрыве примазок от ленты и на разрушении слоя примазок. Первый способ реализуется за счет взаимодействия загрязняющей примазки с преградой. Очистка ленты отрывом может быть реализована стряхиванием загрязняющих примазок путем сообщения ей колебаний в вертикальной плоскости, центробежным воздействием на примазки путем прогиба ленты, переводом загрязняющей примазки на другую поверхность с более высокими адгезионными свойствами.

Задача выбора оптимального способа очистки для конкретных условий зависит от совокупности всевозможных факторов (критериев) и может быть решена с помощью многокритериальной оптимизации. В последнее время данный способ анализа широко используется для решения технических задач.

В работе [3] приводятся рекомендации для определения технического уровня и качества горных машин с использованием обобщенных показателей качества. В качестве примера приводится комплекс основных абсолютных и относительных показателей, для которых установлены коэффициенты весомости, применительно к очистным комбайнам с углами падения до 35°.

В имеющейся литературе нет сведений о многокритериальной сравнительной оценке спо-

собою, а, следовательно, и средств, очистки конвейерных лент.

Постановка задачи. Таким образом, разнообразие технологий и средств очистки конвейерных лент делает актуальной задачу разработки алгоритма эффективного их многокритериального сравнительного анализа с последующим выбором наиболее рациональных способов очистки.

Изложение материала и результаты. Выбор устройств для очистки конвейерных лент - сложная инженерная задача, при решении которой должен быть учтен ряд критериев.

Все критерии выбора способа очистки конвейерных лент можно отнести к следующим группам: экономические, эксплуатационные, технологические и социальные.

Экономические критерии заключаются в обеспечении минимальных материальных и трудовых затрат при изготовлении, эксплуатации и обслуживании устройств для очистки конвейерных лент. При решении эксплуатационных задач при выборе устройств для очистки конвейерных лент необходимо обеспечить безотказное их функционирование во время эксплуатации. Для решения технологических задач должны быть обеспечены технологичность изготовления, сборки и ремонта. К социальным задачам относятся: максимальная безопасность обслуживания, минимальные затраты тяжелого физического и ручного труда, комфортность труда и т.д.

Анализ критериев выбора устройств для очистки конвейерных лент позволяет говорить об их большом количестве и качественном характере. На основании этого для решения поставленной задачи целесообразно использовать многокритериальную оптимизацию.

Данный метод решения задач, заключается в поиске и обосновании лучшего (наиболее оптимального, эффективного) решения, удовлетворяющего нескольким критериям, и сводится к выполнению ряда этапов.

На первом этапе определяются альтернативные варианты технологии очистки конвейерных лент, и формируется массив критериев, которые являются факторами, учитываемыми при выборе способа очистки.

На втором этапе проектировщик (или же группа экспертов) должен для упрощения задачи пренебречь маловажными критериями, так как они могут не только усложнить общую методику расчета но и увеличить ошибку результата.

Для остальных, более весомых критериев, необходимо обязательно установить коэффициент весомости g_i , который будет учитывать степень влияния i -го критерия на эффективность и целесообразность применения способа очистки конвейерной ленты.

Следует отметить, что (1), где n число принятых для оценки критериев

$$\sum_{i=1}^n g_i = 1 \quad (1)$$

На третьем этапе необходимо преобразовать все показатели альтернативных способов очистки конвейерных лент в безразмерные величины q_{ij} по формуле

$$l_{ij} = (\rho(f)_i - f_{ij}) / \rho(f)_i \quad (2)$$

где f_{ij} - значение i -го критерия для j -го способа; $\rho(f)_i$ - оптимальное значение критерия.

Значения значимости групп g_i и самих критериев f_{ij} при различных способах очистки конвейерных лент от горной массы средней липкости оценивалась по принятой трехбалльной системе – группой в составе 32 экспертов в области транспортирующего оборудования (приведены в табл. 1).

Таблица 1

Значения критериев для оценки способов очистки конвейерных лент

№ пп	Группа критериев	Значимость группы критериев, g_i	Названия критериев	Значения критериев, f_{ij}		
				Способы очистки		
				отрыв	сдвиг, срезание	разрушение
1	Экономические	0,41	Степень очистки	1,8	2,8	2,7
2			Минимальный износ конвейерной ленты	2,9	1,3	1,6
3			Стабильность очистки	2,1	2,3	1,7
4			Энерго-эффективность	2,7	1,8	1,3
5			Минимальная стоимость оборудования	2,4	2	1,9
6			Срок службы очистителя	2	1,2	2,5
7			Минимальные трудозатраты при обслуживании	2,1	2,6	1,4
8	платационные	0,27	Возможность регулирования параметров очистки	2,9	1,7	2,3

№ пп	Группа критериев	Значимость группы критериев, g_i	Названия критериев	Значения критериев, f_{ij}		
				Способы очистки		
				отрыв	сдвиг, срезание	разрушение
9			Автоматическая подача продуктов очистки ленты в общий грузопоток	1,9	3,0	1,3
10			Возможность размещения средств очистки ленты в пределах габаритов конвейера	2,6	2,8	1,2
11			Безотказность (долговечность) функционирования	2,1	1,9	1,6
12			Ремонтопригодность	2,6	2,7	1,8
13			Минимальная трудоемкость обслуживания и ремонта	2,1	2,5	1,6
14			Отсутствие влияния на тяговую способность привода	2,8	1,2	2,5
15			Уровень автоматизации	2,0	1,9	2,1
16			Технологические	0,21	Простота и доступность изготовления силами самого предприятия	1,4
17	Технологичность монтажа	1,9			1,8	1,3
18	Технологичность ремонта	2,3			2,7	1,6
19	Социальные	0,11	Безопасность обслуживания	2,0	2,3	1,3
20			Минимальные затраты ручного и тяжелого физического труда	2,3	2,6	2,4
21			Комфортность труда	2,4	2,6	1,6
22			Легкость и удобство управления	2,5	1,9	2,3
23			Санитарно-гигиенические условия труда	2,4	2,7	2,1
24			Защита окружающей среды	1,7	1,6	1,3
Интегральный критерий SK_j				1,54	1,81	2,55

На четвертом этапе производится расчет сформированного суперкритерия SK (табл. 1) следующим образом

$$SK_j = \sum_{i=1}^n q_{ij} g_i, \quad (3)$$

Таким образом, результаты многокритериальной оптимизации позволяют сделать вывод о перспективности очистки конвейерных лент от налипшей горной массы отрывом, обеспечивающий минимальное значение интегрального критерия.

Выводы и направление дальнейших исследований. Предложен алгоритм сравнительной оценки эффективности способов очистки конвейерных лент от налипания на нее горной массы, который может быть использован при проектировании очистителей под заданные условия эксплуатации конвейера. Алгоритм учитывает 24 частных критерия эффективности, объединенные в экономические, эксплуатационные, технологические и социальные группы, а также весомости этих критериев.

Произведена многокритериальная оптимизация способов очистки конвейерной ленты, которая позволила сделать вывод о перспективности развития очистных устройств, принцип действия которых основан на отрыве налипшей горной массы.

Список литературы

1. **Бережний А.Ю.** Обґрунтування параметрів ножових очисників стрічок конвеєрів для гірничих підприємств: Автореф... дис. канд. техн. наук. - Донецьк: ДНТУ, 2007. - 16 с.
2. **Биби́ков П.Я.** Очистка конвейерной ленты, взгляд на проблему / **П.Я. Биби́ков** // Горный информационно-аналитический бюллетень (ГИАБ) – Москва, 2004. – Вып. 3. – С. 300–302.
3. Тарасов Ю.Д. Очистка конвейерных лент и подконвейерного пространства.- М.: Недра, 1993, 192 с.
4. Проектирование и конструирование горных машин и комплексов: Учебн. для вузов / **Малеев Г.В., Гуляев В.Г., Бойко Н.Г.** и др. – М.: Недра, 1988. – 368 с.
5. **Слепой Ю.Ш., Орешкин В.Л., Гуленко Т.Н.** Непрерывный транспорт в промышленности строительных материалов. Л.: Стройиздат, Ленинградское отделение. 1988 176 с.
6. **Смирнов В.Н.** Совершенствование существующих способов очистки конвейерной ленты от налипшего материала. Сб. транспорт шахт и карьеров, М.: 1971 с. 374-377.
7. **Кондрахин В.П.** Оптимизация параметров вибрационного очистителя конвейерной ленты / **Кондрахин В.П., Арефьев Е.М.** // Горная электромеханика и автоматика. - Днепропетровск, 2012. - Вып. 88. - С. 84-89.
8. **Аппоневич Е.К.** Определение числа оборотов очистителей конвейерной ленты / **Аппоневич Е.К.** // Горно-транспортное оборудование конвейеров. – Киев, 1971. – С. 109-113.

9. **Бережной А.Ю.** Обоснование параметров ножевых очистителей лент конвейеров для горных предприятий: дисс. ... канд. техн. наук: 05.05.06 / **Бережной Андрей Юрьевич.** – Донецк, 2008. – 198 с.
10. **Тарасов Ю.Д.** Очистка конвейерных лент и подконвейерного пространства / **Тарасов Ю.Д.** - М.: Недра, 1993. – 192 с.
11. **Dinlinger E.** Uber dem Grabewiderstand. "Fordertechik", Bd. 22, 1929. s. 386-412.
12. **Kummer H.W., Meyer W.E.,** Paper B-II, 11-th FISITA Congress, Munich. 1966.
13. **Rathje J.** Der Schnittvorgang im Sande. V.D.J. - B.: Verlag G.M.B.B. -1931. s. 213-265.
14. **Stepian K.** Porownanie i ocena wlasnosci eksploatacyjnych tasm przenos-nikowych oraz prezentacja mozliwosci wykorzystania odradow tasm.- Prace naukowe Instytutu Gornictwa Politechniki Wroclawskiej 75, Seria: Konfer-encje 17, Wroklaw, 1994, s. 235-243.
15. 127. Gow A.M., Gugenhetm M., Campba U. and Goghill W.H. Ball milling Methods, 1934.
16. Grinding With an angular sapiral lining system, "Aastmt. Mining", 1975, v.67, № 5, p. 23.

Рукопись поступила в редакцию 15.04.14

УДК 681.5.015: 622.73.002

В.П. ХОРОЛЬСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф. Криворізький національний університет
Д.В. ХОРОЛЬСЬКИЙ, ПАТ «ПівдГЗК», **К.Г. ТІТОРЕНКО**, ПАТ «ПівдГЗК»

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯМ ДРОБАРНОЇ ФАБРИКИ

Розроблено інтелектуальну систему управління електроспоживанням дробарної фабрики в період обмеження максимуму енергосистеми. Управління дробарними фабриками за допомогою сучасних інтелектуальних систем експертного оцінювання багатостадійного процесу дроблення в період «день», «ніч», «пік», «напівпік» забезпечує оптимальне оперативне управління технологічним процесом з гарантованим зменшенням питомих витрат електрики на одну тону дробленого продукту. Розроблено адаптивну систему управління електроспоживанням типової дробарної фабрики гірничозбагачувального комбінату, в якій використано експертні системи автоматизованого управління технологічними процесами дроблення та управління електроспоживанням. У системі інтелектуального управління і оптимізації енергоспоживання дробарних фабрик важливу роль відіграє організація процесу розпізнавання технологічних ситуацій оцінки знань оператора електроспоживання і прийняття рішень. Усі процесори в інтелектуальній системі управління (ІСУ) працюють в режимі циклічного сканування вхідних даних і команд з датчиків контролю якості руди, систем телемеханіки і систем локальної автоматики керування процесом дроблення в ККД, КСД, КМД1, КМД2.

Ключові слова: система, електропостачання, дробарна фабрика, інтелектуалізація.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними виконаннями. Сучасні автоматизовані системи управління електроспоживанням складних технологічних процесів дроблення руди на дробильних фабриках гірничо-металургійного комплексу України представляють собою багаторівневі людино-машинні системи управління [1]. Створення АСУ електроспоживання дробарних фабрик зі складними технологічними процесами переробки руди з різними текстурними характеристиками міцності є основним завданням спеціалістів проектувальників на стратегічному періоді до 2020 р., яке можна виконати за рахунок розробки та впровадження сучасних інтелектуальних систем управління з використанням автоматичних інформаційних систем збирання даних і обчислювальних комплексів та програмного забезпечення. Внаслідок недостатньої автоматизації і комп'ютеризації технологічних процесів дроблення, подрібнення та збагачення енергозабезпеченість вітчизняних гірничодобувних підприємствах істотно відстає від світового рівня. До 50 % основних витрат у собівартості гірничозбагачувального комбінату і 70-85 % витрат на електроенергію становлять технологічні процеси дроблення, здрибнення та збагачення [1] [2]. Тому енергозабезпечення визначено одним із пріоритетних напрямків державної політики України і має реалізовуватися, як довгострокова та чітко спланована програма дій до 2030 р. [3].

Аналіз досліджень і публікацій. Відомі роботи [1,2,4,5] в яких розглянуто можливість економії енергоресурсів за рахунок впровадження систем автоматизованого управління технологічними процесами дроблення. Головною ознакою сучасних робіт в сфері управління енергозбереженням є впровадження інтелектуальних систем управління енергозбереженням на усіх ієрархічних рівнях енергоспоживання. Тому комплексне вирішення проблеми енергозбереження за рахунок впровадження інтелектуальних систем управління гірничо-металургійним ком-