

УДК 622.271

К.В. Литвиненко

(Украина, Днепропетровск, Государственное ВНЗ "Национальный горный университет")

НАДЕЖНОСТЬ КОНВЕЙЕРНОГО ТРАНСПОРТА ПРИ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Вступление. Ленточный конвейер является более надежной установкой для перемещения горной массы в сравнении с другими горнотранспортными машинами. Однако значительное увеличение глубины современных карьеров по добыче крутопадающих месторождений приводит к значительному удлинению конвейерных линий, увеличению конвейерных ставов на наклонных трассах, что уменьшает общую надежность системы транспортирования и повышает риск невыполнения плановой производительности карьера.

Анализ проблемы. Технологическим схемам с перемещением горной массы ленточными конвейерами в условиях глубоких карьеров характерны весьма жесткая взаимосвязь между последовательными звеньями работы сборочного транспорта (автосамосвалы или железнодорожные поезда), дробильно-перегрузочных установок, передаточных конвейеров, системы конвейерных установок в единой магистральной линии и перегрузочных пунктов между ними [1,2]. Выход из строя одной конвейерной установки или перегрузочного пункта приводит к остановке всей технологической цепи.

Характеризуя надежность применения ленточных конвейеров на глубоких карьерах, следует отметить, что наряду с высокой производительностью технологические системы содержат большое число быстроизнашивающихся элементов: роликовых опор верхней и нижней ветви и конвейерной ленты. Долговечность конвейерных лент существенно зависит от вероятности воздействия динамических нагрузок, крупности, плотности и абразивности транспортируемых пород. Большое число роликовых опор снижает надежность работы конвейера.

Особые требования ставятся к надежности работы конвейерных линий в целом. Вследствие повышения нагрузок на отдельные элементы конвейеров при крутых подъемах крупнокусового груза следует наиболее полно учитывать надежность системы. Эти требования усугубляются тем, что такие конвейерные линии относятся к нерезервируемым системам. Установка резервной линии настолько повышает капитальные затраты, что по сравнению с другими видами транспорта крутонаклонный конвейер с низкой надежностью при сопоставимых условиях становится неэффективным.

Следует признать, что применительно к функционированию конвейерных линий горнотранспортной системы глубоких карьеров методы комплексной оценки надежности разработаны недостаточно.

Основная часть. Надежность транспортного оборудования, определяемая его безотказностью, восстанавливаемостью, ремонтпригодностью, уровнем готовности, степенью использования во времени, характеризует его транспортирующую способность в течение рабочего времени. Комплексным показателем, отражающим все указанные факторы, а также уровень организации технологического обслуживания и ремонта, является коэффициент готовности, который характеризует вероятность пребывания оборудования в работоспособном состоянии в любой произвольный момент времени.

По данным эксплуатации коэффициент готовности у одиночного ленточного конвейера для мягких пород $K_r = 0,9 - 0,96$, а для абразивной горной массы $K_r = 0,8 - 0,92$ [3,4].

Однако время чистой работы конвейерной линии из последовательно соединенных конвейеров оказывается меньше времени вероятных простоев. По данным работы [4] из общего числа аварийных простоев на долю конвейеров приходится от 40 до 60%. Коэффициент готовности конвейерной линии и степени использования конвейеров во времени уменьшается с увеличением числа конвейеров в технологической линии. Простои конвейерных линий возникают из-за неисправностей механического и электрического оборудования конвейеров и дробилок, проведения проверок и регулировок, неисправностей аппаратуры контроля, обрыва брони, нерегулярной подвозкой и отсутствием руды, а также по причинам со стороны обогатительной фабрики. На конвейерных линиях глубоких карьеров украинских комбинатов за смену наблюдается в среднем 2 – 3 остановки с преобладающей длительностью 14 – 22 мин. Наибольшее время простоя связано с вулканизацией стыков ленты (до 27 – 30 часов).

Для определения коэффициента готовности линии ленточного конвейера можно использовать вероятностную формулу

$$K = \frac{K_k}{K_k + n(1 - K_k)},$$

где K_k - коэффициент готовности конвейера, n - число конвейеров в технологической линии.

Анализ случайных данных наработки на отказ конвейерных линий Криворожских комбинатов и линий Марганецкого ГОКа показывает, что они подчинены предельному закону Вейбулла с плотностью вероятности:

$$f(t) = \frac{a}{b} t^{a-1} e^{-\frac{t^a}{b}}$$

и параметрами $\alpha = 0,67$ и $\beta = 2,69$.

За максимальную наработку на отказ следует принимать продолжительность работы конвейерной линии, в течение которой отсутствуют простои длительностью более 15 – 30 мин. Анализ опыта работы конвейерных линий на Криворожских комбинатах показывает, что максимальная продолжительность работы, без учета кратковременных остановок, не превышает 50 часов.

Срок службы роликовых опор изменяется в значительных пределах. Распределение сроков службы для роликов верхней ветви конвейера описывается логарифмически нормальным законом

$$f(t) = \frac{1}{s\sqrt{2p}} \exp\left[-\frac{1}{2s^2}(t-m)^2\right]$$

с математическим ожиданием $\mu=4,8$ и среднеквадратическим отклонением $\sigma = 3,8$ года. Средний срок службы роликов нижней ветви равен 2,6 года.

При комплексном анализе оценки производительности и надежности конвейерных линий важно установить все возможные источники простоев системы и их соответствующее вероятностное влияние на работоспособность линии и выполнение плановых показателей.

Построение диаграммы причин и результатов [5] (рисунок) позволяет выявить и систематизировать основные причины остановок конвейера при транспортировании горной массы (без учета простоев из-за погодных условий).

При этом некоторые источники являются основными и оказывают существенное влияние на эффективность функционирования системы. Другие же оказывают меньшее влияние и являются менее значимыми.

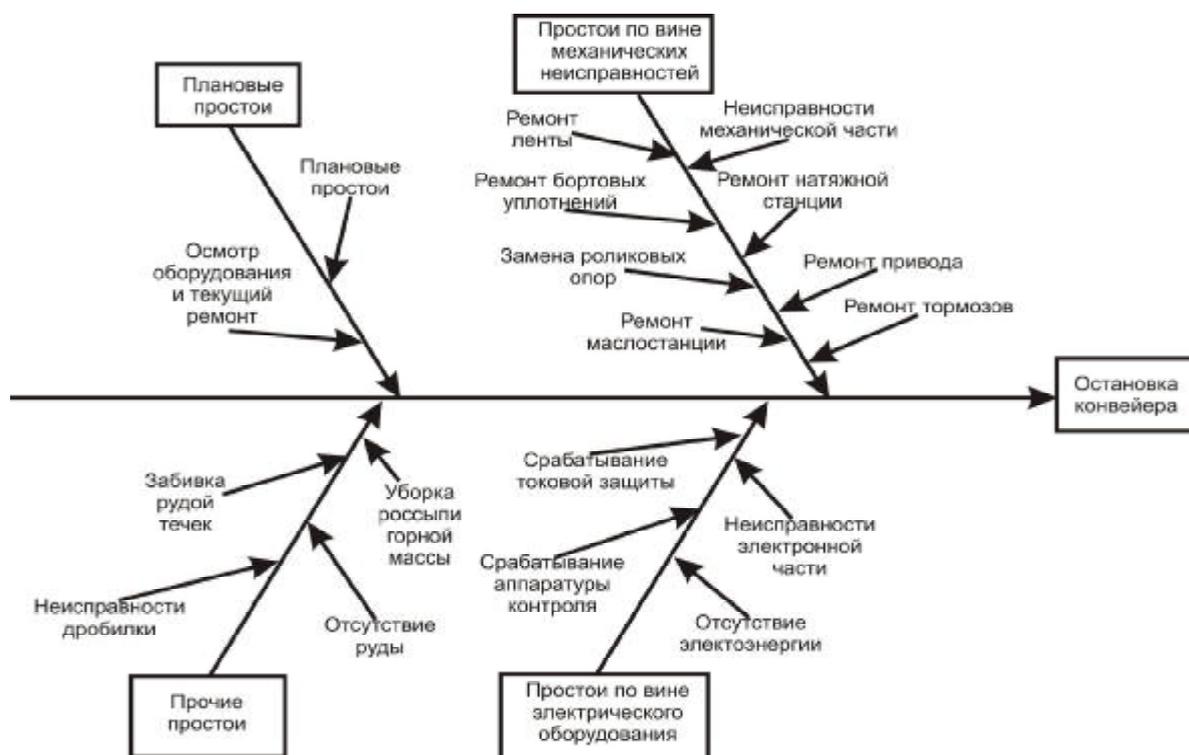


Рис 1. Диаграмма причин и результатов остановки конвейера

Изучение и обработка данных неисправностей при транспортировании руды и вскрышных пород на горных предприятиях позволила установить процентное отношение причин возникновения простоев конвейерных линий (таблица).

Таблица

Причины и процентные показатели простоев ленточных конвейерных линий на предприятиях по добыче полезных ископаемых открытым способом

Причины простоев	%
Общие простои конвейерных линий	100
Неисправности механической части	9,15
Ремонт ленты	8,02
Устранение схода ленты	2,1
Замена роликовых опор	1,38
Ремонт привода	0,4
Ремонт маслостанции	0,1
Ремонт тормозов	0,6
Ремонт натяжной станции	0,22
Ремонт бортовых уплотнений и течек	0,02
Неисправности разгрузочной тележки	0,01
Неисправности электрической части	1,94
Срабатывание токовой защиты	1,4
Повреждение изоляции двигателя	0
Отсутствие электроэнергии	0,17
Срабатывание аппаратуры контроля	1,87
Осмотр оборудования и текущий ремонт	9,22
Забивка рудой течек	2,47
Уборка россыпи горной массы	0,25
Неисправности дробилки	10,43
Плановые ремонты	35,32
Простои из-за отсутствия руды	6,25
Простои из-за обогатительной фабрики	8,68

Так как значительная доля простоев конвейерных линий происходит по различным аварийным причинам, то при расчете производительности конвейерной линии на глубоких и сверхглубоких карьерах необходимо более полно учитывать надежность комплектующего и вспомогательного оборудования.

При этом для перегрузочных пунктов с неприводными направляющими устройствами $K_r = 0,995$, приводных устройств $K_r = 0,96$, конусной дробилки $K_r = 0,95$, роторной дробилки $K_r = 0,92$.

При определении временной производительности конвейерной линии также необходимо учитывать коэффициент готовности

$$Q = Q_{\text{час}} \cdot T \cdot K_r,$$

где Q - производительность конвейерной линии за промежуток времени, T - время работы конвейерной линии, $Q_{\text{час}}$ - часовая производительность конвейерной линии, K_r - коэффициент готовности конвейерной линии.

Возрастание проектной глубины карьеров по добыче крутопадающих месторождений полезных ископаемых Кривбасса до 700 – 800 м. будет в дальнейшем приводить к увеличению протяженности конвейерных линий, повышению крепости добываемой горной массы, усложнению горногеологических условий добычи и транспортирования горной массы. Как следствие, это может стать причиной снижения производительности транспортирующего оборудования. Поэтому повышение надежности работы конвейерных линий при транспортировании горной массы в глубоких и сверхглубоких карьерах будет одним из главных требований для поддержания высокой эффективности горнотранспортной системы карьера.

Выводы. В результате выполненных исследований установлены параметры распределений наработки на отказ и сроков службы роликовых опор конвейерных линий. Для комплексного анализа возникающих остановок конвейерных линий на горных комбинатах использована диаграмма причин и результатов. Установлены процентные показатели причин простоев от общего числа простоев конвейерных линий на горных предприятиях.

Список литературы

1. Дриженко, А.Ю. Открытая разработка железных руд Украины [Текст] /А.Ю. Дриженко, Г.В. Козенко, А.А. Рыкус. – Полтава: Полтавський літератор, 2009. – 452 с.
2. Дриженко, А.Ю. Закономерности формирования рабочей зоны глубоких карьеров [Текст] /А.Ю. Дриженко, К.В. Литвиненко // Сб. науч. тр. НГУ – 2008. – № 31. – С. 61-69.
3. Вскрытие глубоких горизонтов карьеров [Текст] / под ред.. А.Ю. Дриженка. – М.: Недра, 1994. – 288 с.
4. Васильев М.В. Комбинированный транспорт на карьерах [Текст] / М.В. Васильев. – М.: Недра, 1975. – 360 с.
5. Статистические методы повышения качества [Текст]: пер. с англ. / под ред. Х. Кумэ. – М.: Финансы и статистика, 1990. – 304 с.

Рекомендовано до друку проф. Корсуном В.І.