

Трудоемкость зависит от производительности горно-проходческого оборудования, а также от объема работ и для данных условий будет равняться:

- установка бурильная шахтная Ахера 5-126, $\tau_{\delta} = 0,44$ чел-смен;
- погрузочно-доставочная машина PNE-2500, $\tau_{2M} = 0,3$ чел-смен;
- установка бурильная шахтная УБШ-312А, $\tau_{\delta} = 0,62$ чел-смен;
- погрузочно-доставочная машина ПД-5А, $\tau_{2M} = 0,35$ чел-смен.

Из результатов моделирования работы двух вариантов горно-проходческого оборудования видно, что повышение прочности пород влияет на более высокопроизводительное буровое оборудование. При увеличении длины доставки горной массы более эффективны образцы импортного оборудования. Повышение производительности машин на коэффициент готовности существенного влияния не оказывает. Рациональный выбор оборудования позволяет повысить скорость проведения горных выработок и снизить трудоемкость горнопроходческих работ.

Список литературы

1. Хоменко О.Е. Горное оборудование для подземной разработки рудных месторождений [Текст]: справочное пособие / О.Е. Хоменко, М.Н. Кононенко, Д.В. Мальцев. 2-е изд. перераб. и доп. – Д.: Национальный горный университет, 2011. – 448 с.
2. Гетопанов В.Н. Проектирование и надежность средств комплексной механизации [Текст]: учебник для вузов / В.Н. Гетопанов, В.М. Рачек – М.: Недра, 1986. – 208 с

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Бузилом В.І.
Надійшла до редакції 07.04.2014*

УДК 622.647.2:681.5

© А.Н. Смирнов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ СТАВА ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ РОЛИКООПОР

В работе решена задача определения живучести и интенсивности восстановления конвейерного става как системы параллельно соединенных элементов (роликоопор). При этом рассматривался став с роликоопорами четырех различных типов. В результате получены зависимости показателей надежности става ленточного конвейера, в частности, среднего количества замен роликов в смену от скорости ленты для рассмотренных типов роликоопор.

В роботі вирішена задача визначення живучості та інтенсивності відновлення конвеєрного става як системи паралельно з'єднаних елементів (роликоопор). При цьому розглядався став з роликоопорами чотирьох різних типів. В результаті одержана залежність показників надійності става стрічкового конвеєра, зокрема, середньої кількості заміни роликів в зміну від швидкості стрічки для розглянутих типів роликоопор.

The paper solves the problem of determination of durability and intensity of recover of conveyer framework as a system of the parallel connected elements (rollersupports). It was thus examined

framework from four different rollersupport types. As a result dependences of reliability indexes of framework of belt conveyer were determined, in particular, average amount of replacements of rollers in the change from belt velocity for the current rollersupport types.

Одной из важных задач, влияющих на эффективность работы ленточных конвейеров, является задача определения показателей надежности конвейерного става в зависимости от характеристик грузопотока, параметров конвейера и типа роlikоопор.

Надежность става конвейера определяется надежностью роликов роlikоопор, т.к. надежность несущих металлоконструкций на порядок выше.

В работах [1, 2] на основании анализа параллельного соединения элементов (роlikоопор) получены характеристики надежности става ленточного конвейера (живучести и интенсивности восстановления) в зависимости от среднего срока службы роликов. При этом был рассмотрен став с жесткими роlikоопорами.

В свою очередь, срок службы роликов конвейера зависит от динамических усилий, возникающих при движении груза по ставу ленточного конвейера, а динамические усилия определяются характеристиками грузопотока, конструкцией става, типом и параметрами роlikоопор [3].

В данной работе определяются показатели надежности става ленточного конвейера (т.е. живучесть и интенсивность восстановления) [4, 5] в зависимости от типа става и параметров роlikоопор.

Рассмотрим став ленточного конвейера как систему параллельно соединенных одинаковых элементов (роlikоопор) с заданной интенсивностью отказов и восстановления.

Живучесть става α определяется как вероятность отказа става, то есть вероятность того, что количество неработающих роlikоопор превысит допустимое значение n_1 для данного конвейера:

$$\alpha = p\{n > n_1\},$$

где n_1 – допустимое количество неработающих роlikоопор в ставе конвейера, определяемое предельно допустимым превышением мощности привода конвейера, равным в нашем случае 25 %.

Согласно [1], n_1 определяется по формуле:

$$n_1 = \frac{0,25[(q_z + q_l + q_p)\omega_z L_k + (q_l + q_p)\omega_x L_k]}{(q_z + q_l + q_p)(f - \omega_z)l_p},$$

где q_z – погонный вес груза, Н/м; q_l – погонный вес ленты, Н/м; q_p – погонный вес вращающихся частей ролика, Н/м; L_k – длина конвейера, м; ω_z – коэффициент сопротивления движению грузовой ветви конвейера; ω_x – коэффициент сопротивления движению холостой ветви конвейера; f – коэффициент трения резина–металл; l_p – шаг расстановки роlikоопор, м.

Согласно работе [1], вероятность α определяется по формуле

$$\alpha = \left(\frac{\lambda_p}{\mu_p} \right)^{n_1+1}, \quad (1)$$

где μ_p – интенсивность восстановления роlikоопор, 1/ч; λ_p – интенсивность отказов роlikов роlikоопор, которая определяется через средний срок службы роlikов, 1/ч.

Интенсивность отказов и восстановления роlikоопор определяется по формулам

$$\lambda_p = \frac{1}{t_{cp}}; \quad \mu_p = \frac{1}{t_e}, \quad (2)$$

где t_{cp} – среднее время между отказами роlikоопор, ч; t_e – среднее время восстановления роlikоопор, ч.

Согласно работе [1], средний срок службы роlikоопор t_{cp} равен среднему времени между их отказами и, согласно работе [6], определяется по формуле:

$$t_{cp} = 4,08L_{09}, \quad (3)$$

где L_{09} – 90-процентный ресурс подшипников ролика:

$$L_{09} = \left(\frac{C_n}{P_m} \right)^p \frac{10^6}{60n} k_3, \quad (\text{ч}). \quad (4)$$

В данной формуле C_n – динамическая грузоподъемность подшипника, Н; P_m – эквивалентная динамическая нагрузка на подшипник ролика, Н; n – частота вращения подшипника, 1/мин; p – степенной показатель ($p = 3$ для шарикоподшипников; $p = 10/3$ для роlikоподшипников); k_3 – коэффициент условий эксплуатации.

Эквивалентная динамическая нагрузка P_m на подшипник ролика в зависимости от грансостава груза и коэффициентов динамичности определяется по формуле [3]:

$$P_m = 0,6 \left[\sum_i^s k_{\partial i} q_{\partial} l_p P_i + q_m l_p \right], \quad (5)$$

где $k_{\partial i}$ – коэффициент динамичности при взаимодействии i -й фракции грузопотока с роlikоопорой; P_i – весовые доли фракции грузопотока; s – количество крупных фракций грузопотока; q_m – погонная нагрузка на подшипник с учетом перераспределения груза на боковые и средние ролики, которая определяется по формуле:

$$q_m = 0,7k'_{\partial} (q_r + q_l) + q_p, \quad (\text{Н/м}),$$

где k'_{∂} – коэффициент динамичности при взаимодействии мелкокусковых фракций с роlikоопорой [4]; q_r – погонная нагрузка на ленту от мелкокусковых фракций, Н/м:

$$q_r = q_2 \left(1 - \sum_{i=1}^s P_i \right).$$

Подставив значения P_m в формулу (3), а затем в (4), получаем значение t_{cp} .

Следовательно, средний срок службы ролика t_{cp} зависит от коэффициентов динамичности $k_{\partial i}$ и k'_{∂} , которые, в свою очередь, зависят от характеристик грузопотока, типа и параметров става и роlikоопор и определяются согласно работе [7].

Согласно формуле (2), определяем λ_p и затем окончательно вычисляем значение живучести става ленточного конвейера α в зависимости от характеристик грузопотока, параметров конвейера и типа и параметров роlikоопор. При этом предполагается, что интенсивность восстановления роlikоопор μ_p задана.

Во многих случаях необходимо решить обратную задачу – определить показатели ремонтпригодности конвейерного става, то есть интенсивность восстановления конвейерного става μ_p или среднее число роlikоопор, восстанавливаемых в единицу времени.

Предположим, что задан необходимый уровень живучести става α , характеристики грузопотока, параметры става, тип и параметры роlikоопор. В этом случае, согласно формуле (1), интенсивность восстановления определяется из выражения

$$\mu_p = \frac{\lambda_p}{\alpha^{1/(n_1+1)}}.$$

Необходимое количество замен роlikов роlikоопор на ставе конвейера в час n_p определим по формуле

$$n_p = \mu_p n,$$

где n – общее количество роlikоопор на линейной части конвейерного става.

Среднее количество замен роlikов в роlikоопорах в смену определим по формуле

$$n_{см} = 8n_p$$

или

$$n_{см} = 8\mu_p n.$$

На рисунке 1 показаны графики зависимости среднего количества замен роlikов роlikоопор в смену $n_{см}$ в зависимости от скорости ленты конвейера v_l для четырех типов роlikоопор: жестких (кривая 1), подвесных на канатном стае (кривая 2), амортизированных (кривая 3) и подвесных на канатном стае с амортизированными подвесами (кривая 4). При этом параметры конвейера, роlikоопор и грузопотока принимались следующие: $L_k = 1000$ м, $\omega_z = \omega_x = 0,03$; $f = 0,5$; $q_z = 1500$ Н/м; $q_l = 200$ Н/м; $q_p = 200$ Н/м; $l_p = 1$ м; $\alpha = 0,015$; натяжение ленты конвейера $S_l = 20000$ Н; натяжение опорного каната става $S_k = 30000$ Н; жесткость амортизаторов $C = 15000$ Н/м².

Из графиков видно, что для всех типов роlikоопор с увеличением скорости ленты среднее количество замен роlikов в смену $n_{см}$ увеличивается. При этом, для жестких и подвесных роlikоопор (кривые 1, 2) при скоростях $v_l < 1,5$ м/с значения $n_{см}$ практически совпадают, а для амортизированных и подвесных амортизированных (кривые 3, 4) значения $n_{см}$ практически совпадают при скоростях $v_l < 2$ м/с. Кроме того, для жестких и подвесных роlikоопор $n_{см}$ существенно больше, чем для амортизированных и подвесных амортизированных. Это объясняется тем, что для амортизированных роlikоопор ресурс роlikов значительно выше, чем для жестких и подвесных роlikоопор.

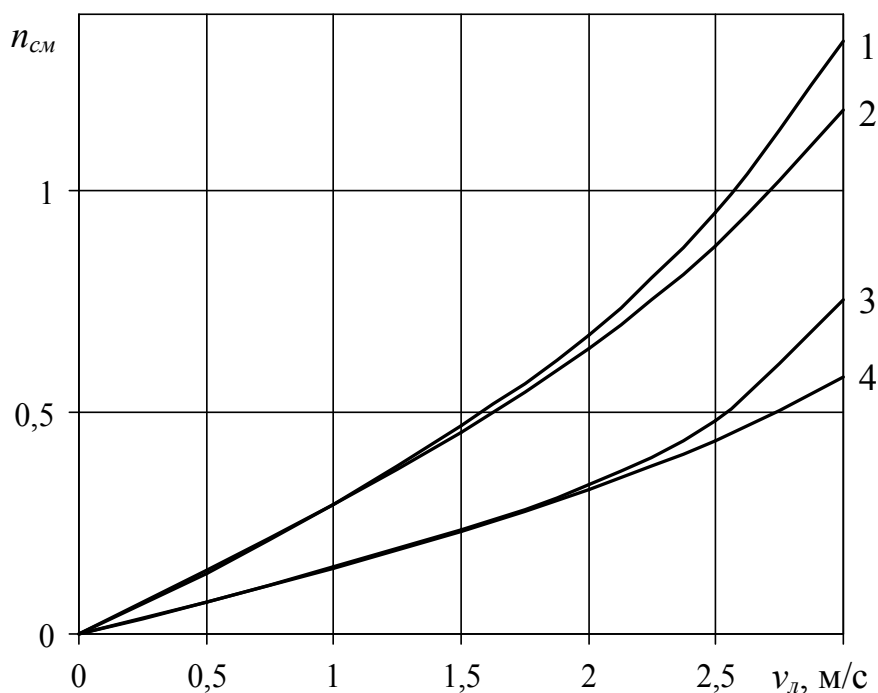


Рис. 1. Графики зависимости среднего количества замен роликов става в смену $n_{см}$ от скорости ленты конвейера $v_{л}$

Выводы. На основании теории надежности получены показатели надежности става ленточного конвейера: живучесть, интенсивность восстановления роликоопор и среднее количество замен роликов на ставе в смену в зависимости от параметров конвейера, типа и параметров роликоопор, а также характеристик груза.

Кроме того, установлено, что с увеличением скорости ленты конвейера среднее количество замен роликов на ставе ленточного конвейера в смену $n_{см}$ увеличивается.

При этом для жестких и подвесных роликоопор $n_{см}$ значительно больше, чем для амортизированных и подвесных амортизированных. А для скорости ленты меньше 2 м/с значения $n_{см}$ для жестких и подвесных, а также амортизированных и подвесных амортизированных роликоопор практически совпадают.

Из вышесказанного следует, что при эксплуатации ленточного конвейера для става с амортизированными роликоопорами расход роликов меньше, чем для става с жесткими и подвесными роликоопорами.

Список литературы

1. Смирнов А. Н. Оценка надежности става ленточного конвейера и необходимого уровня его обслуживания / А. Н. Смирнов // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. / ИГТМ НАНУ. – Днепропетровск, 1998. – Вып. 6. – С. 125–132.
2. Смирнов А. Н. Применение процесса гибели и размножения в оценке надежности и живучести конвейерного става / А. Н. Смирнов, А. Л. Манашкин // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. / ИГТМ НАНУ. – Днепропетровск, 1998. – Вып. 6. – С. 125–132.
3. Монастырский В. Ф. Определение срока службы роликов ленточных конвейеров для различных типов роликоопор / В. Ф. Монастырский, Р. В. Кирия, А. Н. Смирнов // Геотехни-

- ческая механика: Межвед. сб. научн. тр. / ИГТМ НАНУ. – Днепропетровск, 2014. – Вып. 115. – С. 147–155.
4. Флейшман Б. С. О живучести сложных систем / Б. С. Флейшман // Изв. АН СССР. Техническая кибернетика. – 1966. – №5. – 14–23.
 5. Гнеденко Б. В. Математические методы в теории надежности / Б. В. Гнеденко, Ю. К. Беляев, А. Д. Соловьев. – М.: Наука, 1965. – 524 с
 6. Спришевский А. И. Подшипники качения / А. И. Спришевский. – М.: Машиностроение, 1969. – 632 с.
 7. Монастырский В. Ф. Исследование движения крупных кусков груза по роликоопорам ленточного конвейера / В. Ф. Монастырский, Р. В. Кирия, А. Н Смирнов // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. / ИГТМ НАНУ. – Днепропетровск, 2013. – Вып. 112. – С. 35–49.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Ширінім Л.Н.
Надійшла до редакції 11.09.2014*

УДК 621.515.004.82: 621.57

© О.В. Самуся

МЕТОДИКА РАСЧЕТА УДЕЛЬНЫХ ЗАТРАТ НА ГЕНЕРАЦИЮ ТЕПЛОЙ ЭНЕРГИИ С ПОМОЩЬЮ ТЕПЛОНАСОСНЫХ УСТАНОВОК НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

Проанализированы условия применения теплонасосных технологий для утилизации бросового тепла на угольных шахтах и факторы, определяющие их энергетическую и экономическую эффективность. Разработана методика расчета удельных затрат на генерацию тепловой энергии с помощью теплонасосных установок на угольных шахтах.

Проаналізовані умови використання теплонасосних технологій для утилізації викидного тепла на вугільних шахтах та фактори, що визначають їх енергетичну та економічну ефективність. Розроблена методика розрахунку питомих витрат на генерацію теплової енергії за допомогою теплонасосних установок на вугільних шахтах.

The conditions of application of heat pump technologies for the utilization of waste heat in coal mines and the factors determining their energy and economic efficiency have been analyzed. The technique of calculating unit costs for generation of thermal energy using the heat pump systems in coal mines has been developed.

На угольных шахтах мощными источниками бросового тепла являются шахтная вода, исходящая вентиляционная струя, обратная вода систем охлаждения компрессорных установок. Эти источники имеют невысокую температуру, поэтому для использования отбираемого от них тепла в системах теплоснабжения шахт необходима его трансформация в тепло более высокого потенциала с помощью тепловых насосов.

За последние 50 лет в мировой практике теплоснабжения теплонасосные технологии получили весьма широкое распространение. Сегодня в мире эксплуатируется более 130 млн. теплонасосных установок различного назначения [1]. По данным Международного Энергетического Агенства к 2020 году в раз-