УДК 622.617

Л.П. Ладутина, В.Ю. Максютенко,
Институт геотехнической механики
НАН Украины, г. Днепропетровск

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ С УЧЕТОМ ИХ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

У статті приведено модель вибору області раціональних показників надійності стрічкових конвеєрів за критерієм економічної ефективності. Визначено область раціональних показників для кар'єрних стрічкових конвеєрів

CHOOSING THE RATIONAL INDICATORS OF RELIANCE OF THE BELT CONVEYORS TAKING INTO ACCOUNT THEIR ECONOMIC EFFECTIVENESS

The article represents a model of choosing the rational indicators of reliance of the belt conveyers on the basis of economic effectiveness. The range of the rational indicators for the quarry belt conveyers is determined.

Уровень надежности технических систем в значительной степени определяет эффективность их применения. Основное снижение эффективности систем в процессе эксплуатации, как правило, связано с понижением их надежности. Тесная связь показателей надежности с эффективностью применения систем говорит о том, что в общем случае задача выбора требований по надежности и ее решение должны основываться на исследованиях эффективности системы.

Для обслуживаемых в период применения систем, к которым относится конвейер, наиболее целесообразным показателем эффективности является показатель экономичности, отражающий накопленный эффект (доход) от применения системы. В этом случае рациональные значения показателей надежности конвейера будут определяться высоким значением приносимого им дохода в рассматриваемый промежуток времени.

Предположим, что конвейер приносит доход V_1 за единицу времени в течение всего периода его пребывания в технически исправном состоянии. В случае отказа конвейера на его восстановление в единицу времени расходуются средства, равные V_2. Пусть частота отказов равна λ, частота восстановлений – μ. Через $\omega(t)$ обозначим полный ожидаемый доход, принесенный конвейером за время t, если он поступил в эксплуатацию в исправном состоянии.

Выражение для определения функции $\omega(t)$ получено в [1] и имеет вид:

$$\omega(t) = V_1\left[\frac{1}{\lambda+\mu} - \frac{e^{-(\lambda+\mu)t}}{\lambda+\mu} + \frac{\mu t}{\lambda+\mu} - \frac{\mu}{(\lambda+\mu)^2} + \frac{\mu e^{-(\lambda+\mu)t}}{(\lambda+\mu)^2}\right] -$$

$$- V_2\left[\frac{\lambda t}{\lambda+\mu} - \frac{\lambda}{(\lambda+\mu)^2} + \frac{\lambda e^{-(\lambda+\mu)t}}{(\lambda+\mu)^2}\right]. \qquad (1)$$

Первое слагаемое правой части выражения (1) характеризует возрастание доходов конвейера за время t при исправном состоянии, второе – расходы на его восстановление за то же время.

Преобразуем (1) к виду

$$\omega(t) = t\left(\frac{V_1\mu - V_2\lambda}{\lambda+\mu}\right) + \frac{\lambda(V_1 - V_2)}{(\lambda-\mu)^2}\left[1 - e^{-(\lambda+\mu)t}\right]. \qquad (2)$$

Анализ показывает, что для практических случаев (при $t \geq 8$ ч) при изменении λ и μ (согласно [2] для карьерных ленточных конвейеров) соответственно в пределах $(0{,}1\text{-}0{,}5)\cdot 10^{-3}$ 1/мин и $(0{,}1\text{-}0{,}7)\cdot 10^{-2}$ 1/мин формула (2) может быть представлена в виде

$$\omega(t) \approx t\left(\frac{V_1\mu - V_2\lambda}{\lambda+\mu}\right),$$

т.е. вторым слагаемым в (2) можно пренебречь.

Введем обозначения $\frac{V_1}{V_2} = n$, $\frac{\lambda}{\mu} = a$. Такая замена дает возможность снизить количество переменных.

Тогда

$$\omega(t) = tV_1\frac{n-a}{n(1+a)} = tV_1 k, \qquad (3)$$

где

$$k = \frac{n-a}{n(1+a)}.$$

Функция $k(n,a)$ в зависимости от значений n и a изменяется от $-\infty$ до 1, не имея точек перегиба.

При $a = 0$ (это соответствует работоспособному состоянию конвейера, когда $\lambda = 0$) $k = 1$ и $\omega(t) = tV_1$; при $a = \infty$ (неработоспособное состояние) $k = \frac{1}{n}$, а $\omega(t) = -\frac{tV_1}{n} = -tV_2$, т.е. все средства уходят на восстановление.

В случае, когда $n = 0$, $k = -\infty$, то $\omega(t) = 0$, так как при этом $V_1 = 0$; при $n = \infty$ $k = \frac{1}{1+a}$ и $\omega(t) = \frac{tV_1}{1+a}$ не зависит от n.

В нашем случае $n > 0$ и $a > 0$, что соответствует положительным значениям V_1, V_2, λ и μ. Из выражения (3) следует, что функция $\omega(t)$ при заданных значениях V_1 и t принимает максимальное значение, соответствующее наиболее экономичной эксплуатации конвейера, при $k = 1$.

Однако, при положительных значениях n и a величина k всегда меньше единицы. В этом случае ищется область приемлемых значений $k(a,n)$, которые дают возможно большее значение функции $\omega(t)$. Показатели надежности (λ,μ) конвейера, соответствующие данной области, являются рациональными.

На рисунке 1 приведена зависимость величины k от n при различных значениях a. Как видно из рисунка, максимальное значение k, равное единице, получается при $a \to 0$ для любых $n > 0$. При увеличении a от значений $a > n$ к значениям $a < n$ график функции $k(a,n)$ выходит из области отрицательных значений (нами не рассматриваемой и поэтому на рисунке не показанной), пересекает ось абсцисс в точке $a = n$ и в области положительных значений асимптотически приближается к значению $\frac{1}{1+a}$ при определенных соотношениях n и a. Так, функция k достигает значения $\frac{1}{1+a}$ с точностью до 95 % уже при $\frac{n}{a} = 20$ и далее (по мере увеличения n) практически не зависит от n. Таким образом, максимальные значения, близкие к единице, функция k принимает при значениях a, на порядок и более меньших единицы. Так, при изменении a от 0,01 до 0,05 k изменяется от 0,97 до 0,91, только в 1-ом случае это выполняется уже при $n = 0{,}5$, а во 2-ом – при $n = 2$.

Стремление найти возможно достижимые максимальные значения функции $\omega(t)$ (с $V_1 = \text{const}$), при которых эксплуатация конвейера наиболее эффективна, сводится к определению области максимально возможных k. Они достигаются при значениях a от 0,05 и менее. В этих случаях $\omega(t) \approx Vt$ и практически не зависит от n, а значит и от V_2, (т.е. от расходов на восстановление).

Из вышеизложенного следует, что рациональное значение $\frac{\lambda}{\mu} = a$ не должно превышать величины 0,05, в этом случае k будет в области максимальных значений (более 0,9) уже при $n \leq 1$, т.е. даже при условии, что до-

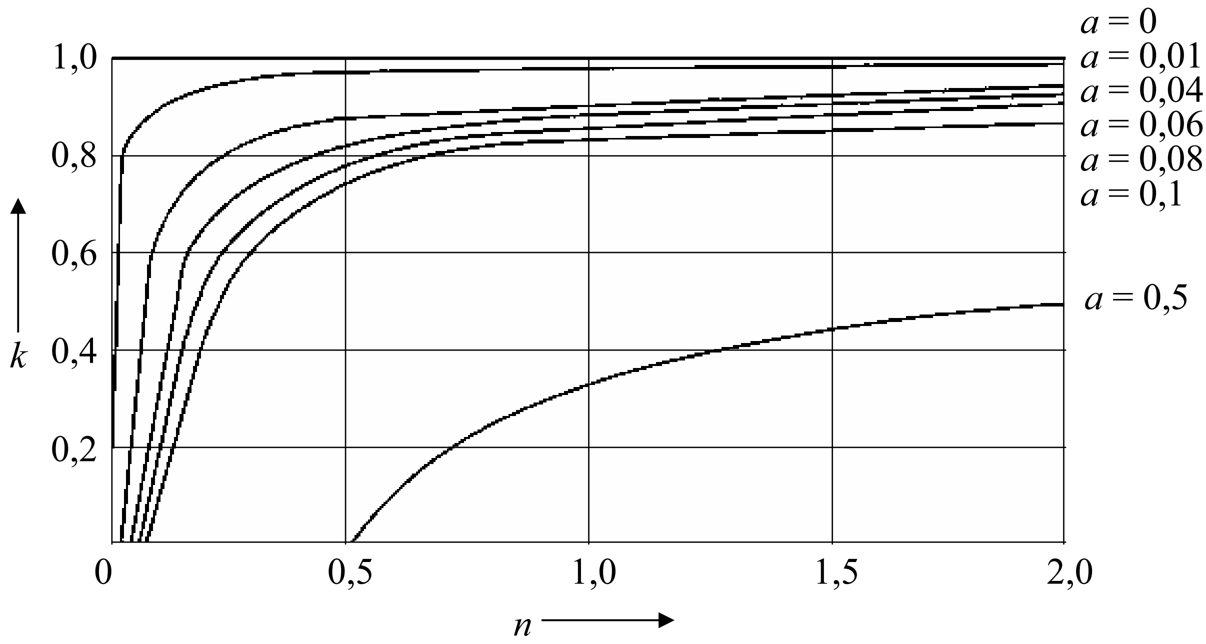

Рис. 1. Зависимость величины k от значений n и a

ход от эксплуатации в единицу времени не будет превышать расходов на восстановление. При указанных значениях $\frac{\lambda}{\mu}$ эксплуатация конвейера будет наиболее экономически эффективной, а область, в которой $0 < a \le 0,05$, является областью рациональных параметров λ и μ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разработать научные основы создания САПР ленточных конвейеров с оптимизацией их параметров. Отчет о НИР / АН Украины. Институт геотехнической механики; Рук. Монастырский В.Ф. № ГР 01.9.10.008579 – Днепропетровск, 1992. – 76 с.
2. Разработка методов и средств управления надежностью ленточных конвейеров / Монастырский В.Ф.: Дис. …докт. техн. наук. – Днепропетровск, 1990. – 546. – Машинопись.