

РЕГУЛИРОВАНИЕ ДЛИНЫ ПОДЪЕМНЫХ КАНАТОВ

Н. И. КЛЫКОВ

(Представлено научным семинаром кафедры горной механики горного факультета)

Периодическое регулирование длины канатов на рудничных подъемных установках вызывается образованием напуска вследствие пластического удлинения канатов. Величина напуска в общем случае составляет

$$\Delta l_n = \Delta l_{пл} + h_n + \Delta l_y, \quad (1)$$

где $\Delta l_{пл}$ — суммарная пластическая деформация канатов, м;
 h_n — высота превышения сосудом уровня разгрузки, м;
 Δl_y — упругая деформация каната, м.

После регулирования длины каната

$$\Delta l'_n = h_n - \Delta l_y, \quad (2)$$

т. е. в процессе регулирования один из канатов подтягивается на величину суммарной пластической деформации. Принимаем, что барабаны при этом поворачиваются относительно друг друга на один шаг регулирования (рис. 1)

$$s_p = \Delta l_{пл}. \quad (3)$$

Во избежание вредных последствий чрезмерного напуска величина последнего должна быть ограничена до

$$\Delta l_n = 0,2 \text{ м}. \quad (4)$$

Рис. 1. Шаг регулирования подъемной машины с зубчатым механизмом перестановки барабанов.

каната и допускаемая высота превышения уровня разгрузки соответственно составляют

$$\Delta l_y = 0,84 \cdot 10^{-6} \cdot \kappa \cdot H_0 (L_{np} - H_0); \quad (5)$$

$$h_n = 0,3 + 0,0004 H, \quad (6)$$

где k — коэффициент концевой нагрузки;

$L_{пр}$ — прочная длина каната, м;

H_0 — наибольшая длина отвеса каната, м;

H — высота подъема, м.

Коэффициент концевой нагрузки при посадке порожнего сосуда

$$k = \frac{Q_m + a Q_n}{Q_m + Q_n}, \quad (7)$$

где Q_m — мертвый вес сосуда, кг;

Q_n — полезный груз, кг;

a — коэффициент загрузки сосуда в движении.

Прочная длина каната

$$L_{пр} = \frac{\sigma_{пч} \cdot 10^6}{\gamma_0 \cdot t}, \quad (8)$$

где $\sigma_{пч}$ — предел прочности каната, кг/мм²;

γ_0 — фиктивный вес 1 м³ каната, кг/м³;

t — запас прочности каната.

Наибольшая длина отвеса каната

$$H_0 = H + h_0, \quad (9)$$

где h_0 — длина отвеса каната при верхнем положении сосуда, м.

Подставляя в выражение (1) значения (3), (4), (5) и (6), получим шаг регулирования (рис. 2)

$$s_p = 0,84 \cdot 10^{-6} \cdot k \cdot H_0 (L_{пр} - H_0) - 0,0004 H - 0,1. \quad (10)$$

При определении шага регулирования конкретной подъемной машины необходимо установить наименьшую высоту подъема, исходя из рационального использования навивочной поверхности барабанов. Из характеристик двухбарабанных подъемных машин стандартного ряда следует, что разность навивочных поверхностей смежных машин составляет 20 %, т. е. минимально под канатом может быть занято 0,8 ширины барабана. В этом случае

$$0,8 B = \left(\frac{H + l_u}{\pi \cdot D_b} + n_{BT} \right) (d + \varepsilon), \quad (11)$$

где B — ширина барабана, м;

D_b — диаметр барабана, м;

l_u — запас каната на испытания, м;

$\Delta l_n, \Delta l_y, h_n, S_p, m$

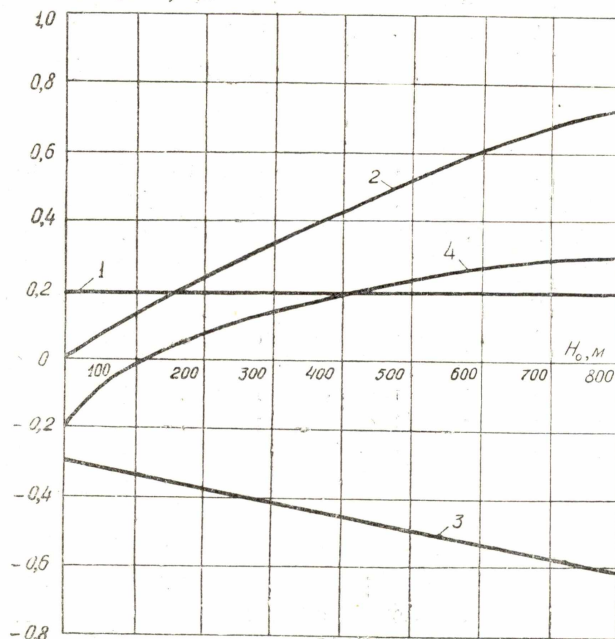


Рис. 2 К определению шага регулирования длины каната. Зависимости: 1 — напуска; 2 — упругой деформации; 3 — высоты превышения; 4 — шага регулирования от длины отвеса каната.

n_{BT} — число витков трения;

d — диаметр каната, м;

ε — зазор между витками каната на барабане, м.

Наибольшая длина отвеса каната из выражений (9) и (11) составит

$$H_0 = \frac{0,8 \pi \cdot D_0 \cdot B}{d + \varepsilon} - \pi \cdot n_{BT} \cdot D_B - l_u + h_0. \quad (12)$$

Подставляя в выражение (10) значение (12), определяя шаг регулирования в параметрах подъемной машины

$$s_p = \left[0,84 \cdot 10^{-6} \cdot \kappa \cdot L_{np} - 0,84 \cdot 10^{-6} \cdot \kappa \left(\frac{0,8 \pi D_0 \cdot B}{d + \varepsilon} - \pi \cdot n_{BT} \cdot D_0 - l_u + h_0 \right) - 0,0004 \right] \left(\frac{0,8 \pi D_0 \cdot B}{d + \varepsilon} - \pi n_{BT} D_0 - l_u + h_0 \right) + 0,0004 h_0 - 0,1. \quad (13)$$

Окончательно шаг регулирования корректируется в сторону уменьшения с таким расчетом, чтобы число зубьев колеса механизма перестановки было целым

$$n_3 \geq \frac{\pi D_0}{s_p}. \quad (14)$$

Ввиду того, что в настоящее время отсутствует надлежащий контроль напуска каната, считаем целесообразным для практических целей разработать методику определения времени, через которое следует производить очередное регулирование длины канатов.

Экспериментальные измерения „вытяжки“ канатов через определенные промежутки времени, которые проводились на некоторых установках Кузбасса, позволили выявить зависимости между величинами относительных пластических деформаций и временем эксплуатации канатов. В общем виде эти зависимости представляют собой степенные функции

$$\varepsilon_{nl} = a t^n, \quad (15)$$

где ε_{nl} — относительная пластическая деформация каната;

t — время работы каната с момента его навески, мес;

a — коэффициент, зависящий от характеристики условий работы каната;

n — показатель степени.

Так как в общем случае время работы отдельных канатов может быть различным, то за время, прошедшее после регулирования, один канат получит приращение

$$\Delta \varepsilon_{nl.1} = a [(t_1 + \Delta t)^n - t_1^n], \quad (16)$$

а другой

$$\Delta \varepsilon_{nl.2} = [(t_2 + \Delta t)^n - t_2^n], \quad (17)$$

где t_1 и t_2 — соответственно время работы одного и другого канатов с момента их навески, мес;

Δt — время, прошедшее после регулирования канатов, мес.

Так как при регулировании выбирается сразу „вытяжка“ двух канатов, то

$$\varepsilon_{ш.р.} = \Delta \varepsilon_{пл.1} + \Delta \varepsilon_{пл.2}, \quad (18)$$

где $\varepsilon_{ш.р.}$ — относительный шаг регулирования.

Величина относительного шага регулирования

$$\varepsilon_{ш.р.} = \frac{S_p}{H_0 + L_{стр}}, \quad (19)$$

где $L_{стр.}$ — длина струны каната, м.

Подставив в выражение (18) значения (16) и (17), получим

$$\varepsilon_{ш.р.} = a [(t_1 + \Delta t)^n + (t_2 + \Delta t)^n - (t_1^n + t_2^n)]. \quad (20)$$

Задача сводится к тому, чтобы из выражения (20) найти время, через которое необходимо производить очередное регулирование канатов.

Предлагаемый метод заключается в следующем.

Согласно рис. 3, на котором изображена степенная функция (15),

$$\frac{\Delta \varepsilon_{пл.1}}{\Delta t} = \operatorname{tg} \alpha_1; \quad (21)$$

$$\frac{\Delta \varepsilon_{пл.2}}{\Delta t} = \operatorname{tg} \alpha_2. \quad (22)$$

Из выражения (18)

$$\Delta \varepsilon_{пл.2} = \varepsilon_{ш.р.} - \Delta \varepsilon_{пл.1}. \quad (23)$$

Подставляя в (22) значение (23), получим

$$\frac{\varepsilon_{ш.р.} - \Delta \varepsilon_{пл.1}}{\Delta t} = \operatorname{tg} \alpha_2. \quad (24)$$

Решая совместно (21) и (24), имеем

$$\Delta t = \frac{\varepsilon_{ш.р.}}{\operatorname{tg} \alpha_1 + \operatorname{tg} \alpha_2}. \quad (25)$$

Тангенсы углов наклона касательных MP и KQ суть первые производные от данной степенной функции при конкретных значениях времени эксплуатации отдельных канатов, т. е.

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = a n t_1^{n-1}, \quad (26)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = a n t_2^{n-1}. \quad (27)$$

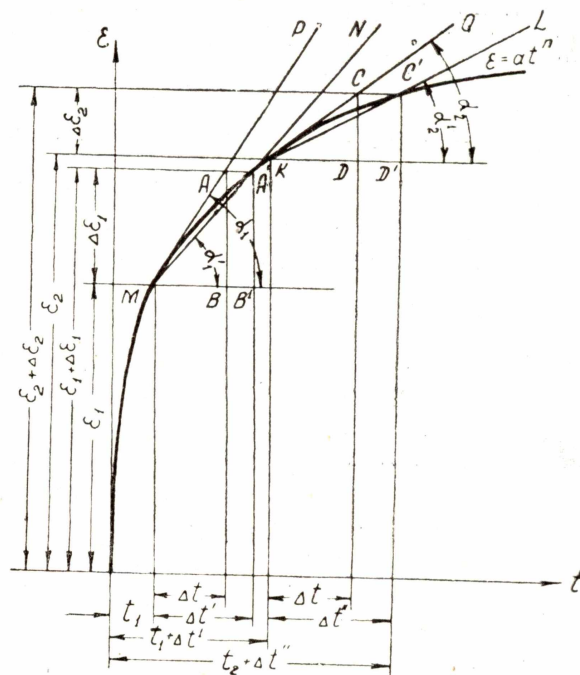


Рис. 3. К определению срока регулирования длины канатов.

Подставляя в выражение (25) значения (26) и (27), получим:

$$\Delta t = \frac{\varepsilon_{ш.р.}}{an(t_1^{n-1} + t_2^{n-1})}. \quad (28)$$

Данное решение является точным для бесконечно малых приращений пластической деформации канатов и дает значительные отклонения при конечных значениях указанных величин.

Уточняем изложенный метод применительно к конечным значениям относительного шага регулирования.

Согласно рис. 3 (треугольник $МAB$)

$$\Delta \varepsilon_1 = \Delta t \cdot \operatorname{tg} \alpha_1 = \Delta t \cdot an t_1^{n-1}. \quad (29)$$

При тех же значениях t_1 и $\varepsilon_{ш.р.}$ (треугольник $МА'B'$)

$$\Delta \varepsilon_1 = \Delta t' \cdot \operatorname{tg} \alpha'_1 = a [(t_1 + \Delta t')^n - t_1^n], \quad (30)$$

где $\Delta t'$ — более точное значение определяемой величины (с учетом угла секущей, а не угла касательной).

Приравняв правые части выражений (29) и (30), находим

$$\Delta t' = (\Delta t \cdot n \cdot t_1^{n-1} + t_1^n)^{\frac{1}{n}} - t_1, \quad (31)$$

Аналогично

$$\Delta t'' = (\Delta t \cdot n \cdot t_2^{n-1} + t_2^n)^{\frac{1}{n}} - t_2. \quad (32)$$

Точное значение определяемой величины лежит между $\Delta t'$ и $\Delta t''$. Весьма близко к точному значению приближается среднее арифметическое

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{\Delta t' + \Delta t''}{2}. \quad (33)$$

Подставив в выражение (33) значения (31) и (32) и учитывая формулу (28), получим окончательно

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{\left[\frac{\frac{\varepsilon_{ш.р.}}{a}}{1 + \left(\frac{t_2}{t_1}\right)^{n-1}} + t_1^n \right]^{\frac{1}{n}} + \left[\frac{\frac{\varepsilon_{ш.р.}}{a}}{1 + \left(\frac{t_1}{t_2}\right)^{n-1}} + t_2^n \right]^{\frac{1}{n}} - t_1 - t_2}{2}. \quad (34)$$

Для определения коэффициента a и показателя степени n могут быть найдены теоретические зависимости на основании математической обработки экспериментальных данных о работе канатов различной конструкции. Наиболее просто и с достаточной практической точностью эти величины определяются следующим образом. После навески и первоначальной регулировки каната отмечают положение подъемного сосуда и машины для определенной позиции (например, при разгрузки сосуда). После того, как канат проработал некоторое

время t_1 , по положению подъемной машины и сосуда определяют „вытяжку“ каната $\Delta l_{пл.1}$. Относительная величина „вытяжки“

$$\varepsilon_{пл.1} = \frac{\Delta l_{пл.1}}{H_0 + L_{стр.}} \quad (35)$$

Аналогично определяют относительную „вытяжку“ каната для другого значения времени эксплуатации каната t_2 . Тогда

$$n = \frac{\lg \varepsilon_{пл.1} - \lg \varepsilon_{пл.2}}{\lg t_1 - \lg t_2} \quad (36)$$

$$a = \frac{\varepsilon_{пл.1}}{t_1^n} = \frac{\varepsilon_{пл.2}}{t_2^n} \quad (37)$$

Согласно экспериментальным измерениям „вытяжки“ канатов в производственных условиях на нескольких шахтах Кузбасса среднее значение показателя степени n составило 0,163, а коэффициента a — 0,0056.

Ввиду громоздкости полученной формулы (34) для ускорения решения промежуточные зависимости могут быть представлены в виде номограмм, пользуясь которыми можно составить одну номограмму для конкретной подъемной установки на весь срок эксплуатации канатов (рис. 4).

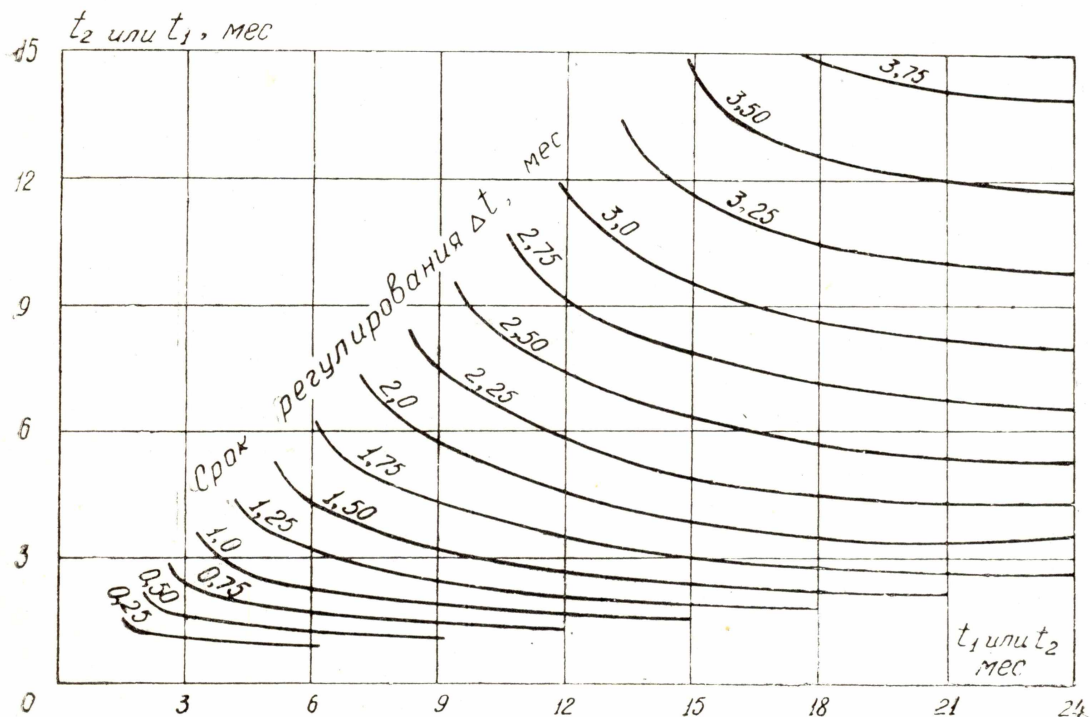


Рис. 4. Номограмма для определения сроков регулирования длины канатов.

Кроме изложенного аналитического метода, задача по определению сроков регулирования может быть решена графически.

Выводы

1. Шаг регулирования, обуславливающий тип и конструктивную форму механизма перестановки барабанов шахтной подъемной машины, должен соответствовать параметрам выпускаемой машины и опре-

деляться по формуле (13) с корректировкой в сторону уменьшения (например, для получения целого числа зубьев колеса механизма перестановки).

2. Во избежание чрезмерного напуска вследствие пластического удлинения канатов необходимо своевременно производить регулировку длины канатов. Время между отдельными регулировками предлагается определять по формуле (34) или по номограммам, составленным на базе этой формулы.
