Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова,
т. XXXIX, вып. 3, 1961 г.

О ВЛИЯНИИ НАПУСКА НА НАТЯЖЕНИЕ КАНАТА

П. А. Журавлев, А. Ф. Захаревич

При подъеме груза, лежащего на неподвижном основании, канат иногда не только не нагружен, но и имеет напуск (см. рисунок). Практически важно определить при этих условиях наибольшее натяжение каната в первые моменты приведения барабана во вращательное движение. Этому вопросу посвящены работы В. В. Георгиевской [1—3], которая процесс поднятия груза разбивает на три этапа: 1) выбор напуска каната; 2) снятие груза с неподвижного основания; 3) подъем груза. Предполагается, что на всех трех этапах барабан, на который навивается канат, вращается равноускоренно, выйдя из состояния покоя. Изменением длины каната и влиянием внутренних сопротивлений в канате автор пренебрегает. Известное дифференциальное уравнение в частных производных для упругих перемещений элементов каната, при соответствующих граничных и начальных условиях, решается методом характеристик с привлечением продолжающего уравнения. Автор [1—3] приходит к выводу, что при величине напуска, составляющей 0,01—0,18% от длины отвеса каната, усилия в верхнем конце каната возрастают соответственно в 1,07—1,38 раза по отношению к загрузке подъемного сосуда на неподвижном основании и в 1,35—1,72 раза по отношению к усилиям, получаемым при загрузке подъемного сосуда на весу.



Подъем груза, лежащего на неподвижном основании

Сохранив исходные предпосылки В. В. Георгиевской в постановке задачи, небезынтересно получить решение этой задачи методом Пуассона — Фурье, т. е. разложением искомого решения в бесконечный ряд по фундаментальным функциям задачи.

Для нулевого этапа имеем *: начальные условия

$$u(x,\ t)\Big|_{t=0} = f_1(x) = \frac{\rho g}{k}\left(lx - \frac{1}{2}x^2\right);\quad \frac{\partial u(x,\ t)}{\partial t}\Big|_{t=0} = f_2(x) \equiv 0; \qquad (1)$$

граничные условия (l включает и напуск каната)

$$u(x,\ t)\Big|_{x=0} = 0;\quad \frac{\partial u(x,\ t)}{\partial x}\Big|_{x=l} = 0; \qquad (2)$$

* Обозначения см. в настоящем сборнике в ст. П. А. Журавлев, А. Ф. Захаревич «Приближенный метод определения наибольшего натяжения шахтного каната за весь период подъема».

дифференциальные уравнения движения каната постоянной длины

$$\frac{\partial^2 u(x,\ t)}{\partial t^2} = g + g_1 + c^2 \frac{\partial^2 u(x,\ t)}{\partial x^2};\quad c^2 = \frac{k}{\rho}. \tag{3}$$

Принимая во внимание граничные условия (2), решение уравнения берем в виде

$$u(x,\ t) = -\frac{(g+g_1)\rho}{2k}(x^2 - 2lx) + \sum_n (A_n \sin nt + B_n \cos nt)\sin\frac{nx}{c},$$

где значения индекса суммирования n определяются из уравнения

$$\cos\frac{nl}{c} = 0,$$

откуда

$$\frac{nl}{c} = (2i+1)\frac{\pi}{2},\quad i = 0,1,2\ldots$$

Постоянные A_n, B_n находим при помощи начальных условий (1)

$$A_n = 0;\quad B_n = -\frac{2g_1\rho l^2}{k\nu^3};\quad \nu = \frac{nl}{c}.$$

В результате получаем

$$u(x,\ t) = \frac{(g+g_1)\rho}{2k}(2lx - x^2) - \frac{2g_1\rho l^2}{k}\sum_\nu \frac{1}{\nu^3}\cos\frac{\nu ct}{l}\sin\frac{\nu x}{l}.$$

Натяжение каната

$$T = (g+g_1)\rho(l-x) - 2g_1\rho l\sum_\nu \frac{1}{\nu^2}\cos\frac{\nu ct}{l}\cos\frac{\nu x}{l}.$$

При помощи полученных выражений можно найти величины $u(x, t)$ и T в момент $t = \tau_0 = \sqrt{\frac{2h_0}{g_1}}$ выбора напуска каната h_0, а также начальные условия для следующего этапа подъема груза. Решению уравнения (3) при соответствующих начальных и граничных условиях для двух других этапов подъема при помощи метода Пуассона — Фурье предполагается посвятить дальнейшие исследования.

Вопрос о влиянии напуска каната с учетом условий пуска асинхронного двигателя, исследуемый О. А. Залесовым [4], заслуживает серьезного внимания. К сожалению, в работе не приведен вывод полученных формул и отсутствуют ссылки на литературу [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Георгиевская В. В. Влияние напуска каната на динамические усилия в нем (нулевой и первый этапы). Прикладна механіка, т. I, вып. 4. Киев, 1955.
2. Георгиевская В. В. Влияние напуска каната на динамические усилия в нем (второй этап подъема). Прикладна механіка, т. II, вып. 2. Киев, 1956.
3. Георгиевская В. В. Влияние напуска каната на динамические усилия в нем. ДАН УССР, вып. 2, 1958.
4. Залесов О. А. Методы снижения динамических напряжений в канатах подъемных установок. Изв. вузов. «Горный журнал», 1958, № 11.
5. Пономаренко Ю. Ф. Влияние контакторного управления асинхронным двигателем подъемной установки на прочность канатов. Сб. «Рудничный подъем». Металлургиздат, 1953.