

Из таблицы видно, что при отрыве пачки бревен массой 3,4 т, подвешенной к грейферу, соблюдается условие устойчивости в соответствии с [3] при всех вылетах крюка лесопогрузчика.

В отличие от случая обрыва груза, подвешенного в стропах, отрыв груза от грейфера (например, при обрыве замыкающего грейфер каната) следует рассматривать как отрыв лишь части груза, находящегося на крюке, ибо при отрыве пачки массой 3,4 т на крюке еще остается грейфер массой 1,6 т, составляющей 47 % массы груза, или 32 % первоначальной массы на крюке. Это обстоятельство, учитываемое при расчете статического момента M_c и угла φ , обеспечивает больший коэффициент устойчивости, чем при обрыве груза этой же массы (3,4 т), подвешенной в стропном комплекте, т. е. без грейфера.

Наличие грейфера ($m_r = 1,6$ т) увеличивает коэффициент динамической устойчивости до 4...17 % при изменении вылета крюка от 3,8 до 30 м соответственно по сравнению с вариантом обрыва пачки бревен той же массы ($m_b = 3,4$ т), подвешенной непосредственно в стропах.

Обрыв пачки массой 5 т, подвешенной на крюк в стропах, или грейфера с пачкой бревен вызывает появление больших по величине динамических усилий. При наличии нормативной ветровой нагрузки обрыв пачки массой 5 т опасен при вылете 15 м и более. При вылете 30 м в любую погоду устойчивость лесопогрузчика не обеспечивается.

Из приведенного теоретического исследования различных вариантов освобождения груза с крюка лесопогрузчика следует, что даже в случае экстремальной разгрузки грейфера устойчивость лесопогрузчика не нарушается. Это обусловлено демпфирующим действием остающегося на крюке порожнего грейфера. Отсюда также следует, что при технологическом процессе выгрузки бревен такой же массы (3,4 т) из грейфера «на весу» (за определенный промежуток времени $t_b = 0,7 \dots 2,8$ с) влияние этого процесса на устойчивость лесопогрузчика еще меньше, чем в предыдущем случае (при $t_b \rightarrow 0$).

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Волков Д. П. Динамические нагрузки в универсальных экскаваторах-кранах.— М.: Машгиз, 1958.— 268 с. [2]. Втюрина Э. Д., Шекалов Е. А. Расчет жесткости упругих элементов лесопогрузчика // Лесн. пром-сть.— 1980.— № 7.— С. 29. [3]. Госгортехнадзор СССР. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов.— М.: Металлургия, 1970.— 191 с. [4]. Зарецкий А. А. Исследование колебаний башенных кранов с поворотной колонной при работе механизма подъема // Исследование башенных кранов: Тр. / ВНИИСтройдормаш.— М., 1963. [5]. Комаров М. С. Динамика грузоподъемных машин.— М.; К.: Машгиз, 1952.— 267 с.

Поступила 9 марта 1987 г.

УДК 625.576.4.001

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ НАПРЯЖЕНИЙ ВТОРИЧНОГО ИЗГИБА ОТ ПАРАМЕТРОВ СВИВКИ В НЕСУЩИХ КАНАТАХ ПОДВЕСНЫХ КАНАТНЫХ УСТАНОВОК

И. Н. БЕРЕГОВОЙ

Хмельницкий технологический институт

На подвесных лесотранспортных установках в качестве несущего органа применяют канаты двойной свивки, выносливость которых существенно зависит от напряжений вторичного изгиба, возникающих в элементах каната под колесом грузовой каретки в результате деформации поперечного сечения каната.

В данной работе исследована зависимость напряжений вторичного изгиба от параметров свивки каната в целях выработки практических рекомендаций по повышению его выносливости.

В работе [1] получено в общем виде выражение для определения деформаций элементов каната и внутренних усилий, возникающих в их сечениях от действия поперечной нагрузки. Изгибающий момент, возникающий в элементе каната, определяется по выражению [1]:

$$\begin{aligned} \frac{R^2 M}{EI} = & u_0 \frac{a-1}{2\mu} \left(\frac{1}{a} \operatorname{ch} \alpha \varphi \cos \beta \varphi - \frac{1}{\beta} \operatorname{ch} \alpha \varphi \sin \beta \varphi \right) - \\ & - \omega_0 \frac{\mu^2 - a}{2\alpha\beta} \operatorname{sh} \alpha \varphi \sin \beta \varphi + R\theta_0 \frac{b(1-a)}{2\mu} \left(\frac{1}{a} \operatorname{sh} \alpha \varphi \cos \beta \varphi - \right. \\ & - \left. \frac{1}{\beta} \operatorname{ch} \alpha \varphi \sin \beta \varphi \right) + \frac{RQ_0}{EA} \cdot \frac{b}{\mu} (\alpha \operatorname{sh} \alpha \varphi \cos \beta \varphi + \beta \operatorname{ch} \alpha \varphi \sin \beta \varphi) + \\ & + \frac{RN_0}{EA} \left[\frac{(a+b)b}{\mu^2} (1 - \operatorname{ch} \alpha \varphi \cos \beta \varphi) - \frac{(a-b)(b+2)b^2}{2\alpha\beta\mu^2} \operatorname{sh} \alpha \varphi \sin \beta \varphi \right] + \\ & + \frac{R^2 M_0}{EI} \left[\frac{a+b}{\mu^2} + \frac{b(a-2)}{\mu^2} \operatorname{ch} \alpha \varphi \cos \beta \varphi + \frac{(a-1)(b+2)b}{2\alpha\beta\mu^2} \operatorname{sh} \alpha \varphi \sin \beta \varphi \right], \quad (1) \end{aligned}$$

где $a = 1 + \frac{kR^2}{EA}$; $b = \frac{ER^2}{I}$; $\mu^2 = 1 + \frac{kR^2}{EIA} (AR^2 + I)$;

- φ — угловая координата текущих сечений элемента;
- k — коэффициент постели каната или пряди;
- R — радиус оси элемента каната;
- E — модуль упругости материала проволоки;
- EI — изгибная жесткость каната;
- A — площадь поперечного сечения элемента;

$$\alpha = \sqrt{\frac{\mu-1}{2}}; \quad \beta = \sqrt{\frac{\mu+1}{2}};$$

u_0 ; ω_0 — касательная и радиальная составляющие перемещения элемента каната в сечении $\varphi = 0$;

θ_0 — угол поворота в сечении $\varphi = 0$;

N_0 ; Q_0 — нормальная и поперечная силы в сечении $\varphi = 0$;

M_0 — изгибающий момент в сечении $\varphi = 0$.

В работе [1] получена система уравнений для определения начальных параметров в предположении, что: смещение элемента каната происходит на полушаге свивки; сечение, проходящее через точку приложения поперечной нагрузки, принято за начало координат (рис. 1).

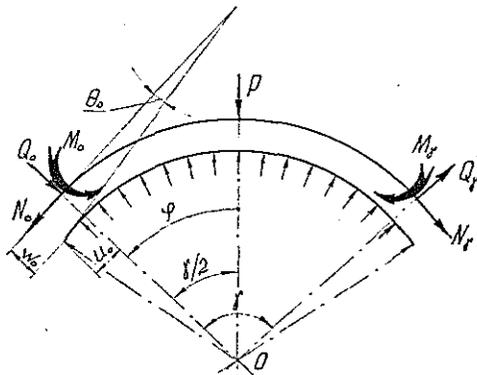


Рис. 1. Расчетная схема элемента несущего каната

$$\left. \begin{aligned} \omega_0 l_1 + \frac{RN_0}{EA} n_1 + \frac{R^2 M_0}{EI} m_1 &= -\frac{RP}{2EA} f_1; \\ \omega_0 l_2 + \frac{RN_0}{EA} n_2 - \frac{R^2 M_0}{EI} m_2 &= -\frac{RP}{2EA} f_2; \\ \omega_0 l_3 + \frac{RN_0}{EA} n_3 + \frac{R^2 M_0}{EI} m_3 &= -\frac{RP}{2EA} f_3, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где $l_1; l_2; l_3; n_1; n_2; n_3; m_1; m_2; m_3; f_1; f_2; f_3$ — коэффициенты, являющиеся функциями упругих характеристик и геометрических параметров элемента каната [1]:

$$l_1 = \frac{a-\mu}{2\alpha\mu} \operatorname{sh} \alpha \frac{\gamma}{2} \cos \beta \frac{\gamma}{2} - \frac{a+\mu}{2\beta\mu} \operatorname{ch} \alpha \frac{\gamma}{2} \sin \beta \frac{\gamma}{2};$$

$$l_2 = \operatorname{ch} \alpha \frac{\gamma}{2} \cos \beta \frac{\gamma}{2};$$

$$l_3 = \frac{a-\mu^2}{2\mu} \left(\frac{1}{\alpha} \operatorname{sh} \alpha \frac{\gamma}{2} - \frac{1}{\beta} \operatorname{ch} \alpha \frac{\gamma}{2} \sin \beta \frac{\gamma}{2} \right);$$

$$n_1 = \frac{(a+b)b}{\mu^2} \frac{\gamma}{2} + \frac{(2-\mu)(a+b)b + \mu^2(b+\mu)}{2\alpha\mu^3} \operatorname{sh} \alpha \frac{\gamma}{2} \cos \beta \frac{\gamma}{2} - \\ - \frac{(2+\mu)(a+b)b + \mu^2(b-\mu)}{2\beta\mu^3} \operatorname{ch} \alpha \frac{\gamma}{2} \sin \beta \frac{\gamma}{2};$$

$$n_2 = \frac{b(b+2)}{\mu^2} \left(\operatorname{ch} \alpha \frac{\gamma}{2} \cos \beta \frac{\gamma}{2} - 1 \right) + \frac{(a+b)(b+1)}{2\alpha\beta\mu^2} \operatorname{sh} \alpha \frac{\gamma}{2} \sin \beta \frac{\gamma}{2};$$

$$n_3 = \frac{b(a+b)}{\mu} \frac{\gamma}{2} - \frac{(a+b)b(\mu-2) + b\mu^2(b+1)}{2\alpha\mu^3} \operatorname{sh} \alpha \frac{\gamma}{2} \cos \beta \frac{\gamma}{2} - \\ - \frac{(a+b)(\mu+b)b - b\mu^2(b+1)}{2\beta\mu^3} \operatorname{ch} \alpha \frac{\gamma}{2} \sin \beta \frac{\gamma}{2};$$

$$m_1 = \frac{a+b}{2\mu^2} \left(\gamma - \frac{\mu-2}{\alpha\mu} \operatorname{sh} \alpha \frac{\gamma}{2} \cos \beta \frac{\gamma}{2} - \frac{2+\mu}{\mu\beta} \operatorname{ch} \alpha \frac{\gamma}{2} \sin \beta \frac{\gamma}{2} \right);$$

$$m_2 = \frac{b+2}{\mu^2} \left(1 - \operatorname{ch} \alpha \frac{\gamma}{2} \cos \beta \frac{\gamma}{2} \right) + \frac{(a+2)(b+1)}{2\alpha\beta\mu^2} \operatorname{sh} \alpha \frac{\gamma}{2} \sin \beta \frac{\gamma}{2};$$

$$m_3 = \frac{a+b}{2\mu^2} \gamma - \frac{\mu^2 - (a-2)(\mu-2)}{2\alpha\mu^3} b \operatorname{sh} \alpha \frac{\gamma}{2} \cos \beta \frac{\gamma}{2} + \\ + \frac{\mu^2 + (a-2)(\mu+2)}{2\beta\mu^3} b \operatorname{ch} \alpha \frac{\gamma}{2} \sin \beta \frac{\gamma}{2};$$

$$f_1 = \frac{b}{\mu^2} \left(1 - \operatorname{ch} \alpha \frac{\gamma}{2} \cos \beta \frac{\gamma}{2} \right) - \frac{a(b+1)}{2\alpha\beta\mu^2} \operatorname{sh} \alpha \frac{\gamma}{2} \sin \beta \frac{\gamma}{2};$$

$$f_2 = \frac{1+b}{2\mu} \left(\frac{1}{\alpha} \operatorname{sh} \alpha \frac{\gamma}{2} \cos \beta \frac{\gamma}{2} - \frac{1}{\beta} \operatorname{ch} \alpha \frac{\gamma}{2} \sin \beta \frac{\gamma}{2} \right);$$

$$f_3 = \frac{b}{\mu^2} \left(1 - \operatorname{ch} \alpha \frac{\gamma}{2} \cos \beta \frac{\gamma}{2} \right) + 2\alpha\beta \operatorname{sh} \alpha \frac{\gamma}{2} \sin \beta \frac{\gamma}{2}.$$

Для получения значений перемещений и внутренних силовых факторов элемента несущего каната 25,5-ГЛ-В-Н-1568 ГОСТ 3077-80, при исходных данных, которые приведены в таблице, составлена программа на ЭЦВМ ЕС-1022 и проведен подсчет этих величин в зависимости от изменения углов свивки проволок в прядь $10^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$ и прядей в канат $10^\circ \leq \beta \leq 30^\circ$. На основании полученных расчетных данных построены графики зависимости изгибающего момента от углов свивки проволоки в прядь (рис. 2).

Параметр	Прядь	Проволока
$A, \text{мм}^2$	41,64	π
$I, \text{мм}^4$	150,3	0,25 π
$P, \text{Н}$	$3,6 \cdot 10^3$	$1,8 \cdot 10^3$
$E, \text{МПа}$	$1,6 \cdot 10^5$	$2,0 \cdot 10^5$
$k, \text{Н/мм}^2$	6 000	8 000
$\gamma, \text{рад}$	0,7	0,7

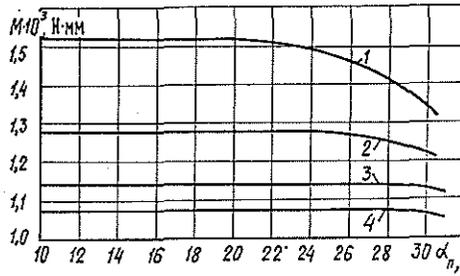


Рис. 2. График зависимости $M = f(\alpha_n)$ при $k \cdot 10^3 \text{ Н/мм}^2$: 1 — $k = 5$; 2 — $k = 10$; 3 — $k = 15$; 4 — $k = 20$

Из графиков зависимости $M = f(\alpha)$, при $5 \cdot 10^3 \leq k \leq 20 \cdot 10^3$, следует, что характер изменения изгибающего момента существенно зависит от значения коэффициента постели k , т. е. от степени обтяжки каната. Так, при коэффициенте постели $k = 5 \cdot 10^3 \text{ Н/мм}^2$ изгибающий момент начинает уменьшаться при угле свивки проволоки в прядь $\alpha > 20^\circ$. Аналогичная картина наблюдается и при других значениях коэффициента постели k , но значение углов свивки, при которых изгибающий момент начинает уменьшаться, увеличивается и для $k = 10 \times 10^3 \text{ Н/мм}^2$ составляет 24° . При $k > 10 \cdot 10^3 \text{ Н/мм}^2$ изгибающий момент практически не изменяется даже при углах свивки более 30° .

Следовательно, с увеличением углов свивки проволоки в прядь, при постоянном коэффициенте постели, изгибающий момент до определенных значений углов свивки остается практически постоянным. Перейдя за эти значения углов свивки проволоки в прядь, изгибающий момент начинает уменьшаться, причем значение переходного угла свивки α_n , при котором начинается уменьшение изгибающего момента, зависит от коэффициента постели пряди.

Характер зависимости изменения переходного угла свивки от коэффициента постели пряди $\alpha_n = f(k)$ приведен на рис. 3. Из рисунка видно, что с увеличением коэффициента постели пряди k переходный угол

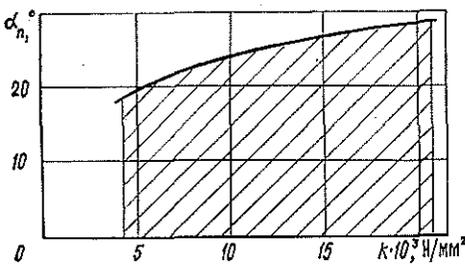


Рис. 3. Характер изменения переходного угла

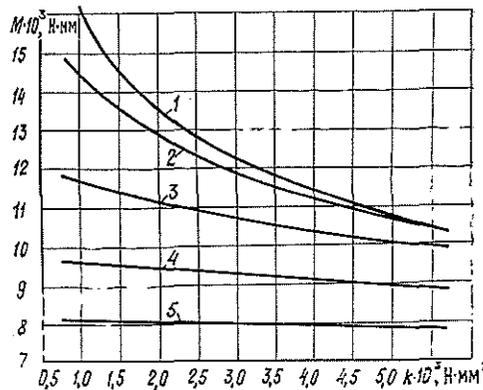


Рис. 4. График зависимости $M = f(k)$ при: 1 — $\beta_n = 10^\circ$; 2 — $\beta_n = 15^\circ$; 3 — $\beta_n = 20^\circ$; 4 — $\beta_n = 25^\circ$; 5 — $\beta_n = 30^\circ$

свивки α_n также увеличивается. Соответствующему переходному углу свивки, при определенных значениях k , отвечает точка, с которой начинается уменьшение изгибающего момента (рис. 2). Это говорит о том, что изгибающий момент, а значит, и напряжения вторичного изгиба, в заштрихованной зоне графика (рис. 3) будут постоянными. Следовательно, изменение параметров свивки проволок в прядь и коэффициента постели пряди в пределах заштрихованной зоны не влияет на напряжения вторичного изгиба в проволоках несущего каната. Если точка с параметрами α и k будет находиться выше заштрихованной зоны, то напряжения вторичного изгиба в проволоках каната будут меньше, чем в этой зоне.

Прядь или проволока каната подвергаются действию сосредоточенной силы P , приложенной посередине пролета, т. е. на полушаге свивки. Принимая с некоторым допущением, что поперечное давление колеса каретки V на канат является сосредоточенной силой, получим одинаковую расчетную схему для проволоки и пряди, т. е. прядь можно рассматривать (рис. 1) как элемент каната с соответствующими углами свивки и коэффициентом постели каната.

Характер изменения изгибающего момента в пряди в зависимости от изменения углов свивки пряди в канат и коэффициента постели каната аналогичен случаю, рассмотренному выше, но переходный угол свивки $\beta_n = 12 \dots 15^\circ$, а при $\beta_n = 29 \dots 30^\circ$ коэффициент постели каната практически не влияет на изменение изгибающего момента. На рис. 4 представлены графики зависимости изгибающих моментов в зависимости от коэффициента постели каната $M = f(k)$ при различных значениях углов свивки пряди в канат. Из рисунка видно, что с увеличением углов свивки прядей в канат уменьшается влияние степени обтяжки каната, т. е. коэффициента постели, на напряжения вторичного изгиба.

На основании проведенных исследований можно сделать выводы.

1. С увеличением коэффициента постели уменьшаются напряжения вторичного изгиба в несущих канатах: для пряди, при $5 \cdot 10^3 \leq k \leq 20 \cdot 10^3$ Н/мм², снижение составляет 42,2 %, а для каната, при $1 \cdot 10^3 \leq k \leq 6 \cdot 10^3$ Н/мм² — 22,3 %. Этим, очевидно, можно объяснить повышение долговечности предварительно обтянутых несущих канатов.

2. Увеличение углов свивки проволоки в прядь и особенно прядей в канат приводит к уменьшению напряжений вторичного изгиба. Так, при углах свивки $20^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$ напряжения вторичного изгиба в проволоке пряди снижаются всего на 4,5 %, а при угле свивки пряди в канат $20^\circ \leq \beta \leq 30^\circ$ — на 90 %. Поэтому для подвесных канатных установок в качестве несущих можно рекомендовать канаты с укороченным шагом свивки прядей в канат.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Слепко И. И., Береговой И. Н. Определение деформаций элементов несущего каната, вызванных поперечным давлением // Лесн. журн. — 1972. — № 6. — С. 93—99. — (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 27 июня 1986 г.

УДК 630*383.7.001

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИКИ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ВОЛОКОВ И ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ В ГОРАХ

А. Н. ПИКУШОВ

Кавказский филиал ЦНИИМЭ

Для повышения уровня эксплуатации горных лесов густоту транспортной сети необходимо увеличить в 3 раза и довести протяженность горных лесовозных дорог не менее чем до 15 м на 1 га. В связи с этим следует выполнить очень большие объемы земляных работ, что требует применения более совершенных машин и технологических процессов.

Условия работы землеройных машин в горах специфичны. Разрабатываются прочные и неоднородные по составу грунты на крутых склонах, в основном в полувыемках. Грунт перемещается в полунасыпи или в отвал, т. е. поперек направления трассы, тогда как для обеспечения минимальной минерализации почвы на склонах машины должны двигаться вдоль трассы.

В Кавказском филиале ЦНИИМЭ получены математические модели показателей производительности машин и энергоемкости технологических процессов: рыхления, разработки и перемещения грунта при подготовке трелевочных волоков, пионерных полок и полотна лесовозных дорог на склонах гор. Установлены зависимости энергоемкости процессов и производительности машин от условий работы, принципиальной схемы и параметров машин.

Затраты энергии на рыхление 1 м³ грунта тракторным рыхлителем при челночном движении

$$a_{\text{ч}} = \frac{1,43}{b_p n_p} \left\{ Q_p n_z (1 + \delta + q f_2 + q f_2 \delta) + G_m f_2 \left(2 + \delta - \frac{b_p}{B} \right) + V_v f_n [\gamma_{\text{гр}} + K_{\text{вкл}} (\gamma_{\text{вкл}} - \gamma_{\text{гр}})] \right\}, \quad (1)$$

где b_p — ширина полосы рыхления за один проход;
 h_p — глубина рыхления;
 Q_p — сопротивление рыхлению одним зубом;
 n_z — число одновременно работающих зубьев;
 δ и f_2 — коэффициенты буксования и сопротивления перемещению машины;
 q — отношение вертикальной реакции грунта на зуб к горизонтальной;
 G_m — нагрузка от массы машины;
 B — ширина участка рыхления;
 V_v — объем призмы волочения перед зубьями;
 f_n — коэффициент трения призмы о поверхность;
 $\gamma_{\text{гр}}$ и $\gamma_{\text{вкл}}$ — нагрузка, создаваемая 1 м³ грунта и включений;
 $K_{\text{вкл}}$ — удельное содержание включений в призме.

Анализ уравнения (1) показывает основные направления совершенствования технологического процесса и машин для рыхления прочного грунта при подготовке лесотранспортных путей в горах: уменьшение объема призмы волочения, валунов и скальных обломков перед зубьями рыхлителя (V_v); повышение напорного усилия на заглубляе-