

$$E = k \cdot \omega_0 \cdot I_2 \cdot y_{01} - \left(\frac{I_2}{y_B \cdot m_2} + y_B \right) \left[I_3 \omega_0 + m_1 (v_{1y} \cdot x_{01} - v_{1x} \cdot y_{01}) \right].$$

Резюме. Получены формулы для вычисления скоростей их центров масс и ударных импульсов, которые могут быть использованы при расчете на прочность основных узлов и деталей окорочных роторных станков.

Л и т е р а т у р а

1. Пигильдин Н.Ф. Анализ процесса окорки лесоматериалов. М., 1977. 2. Пигильдин Н.Ф. Исследование взаимодействия короснимателя роторного станка с поверхностью лесоматериала. — Мат-лы конф. по итогам научно-исследовательских работ за 1974. Йошкар-Ола, 1975.

УДК 634.0.848:634.0.323.4

В.А. Добровольский

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛИНИИ ДЛИНЫ ОТРЫВА ХЛЫСТА ОТ ТРАНСПОРТЕРА ПРИ ПОДЪЕМЕ ЕГО ДОМКРАТОМ РАСКРЯЖЕВОЧНОЙ УСТАНОВКИ В ПЕРИОД ОТОРЦОВКИ

Нагрузка, передаваемая на домкрат и фундамент раскрывочной установки от веса хлыста в период его оторцовки, зависит от таксационной характеристики хлыста (диаметра, сбежистости, породы, объемного веса и т.д.) и высоты подъема домкрата. Чем выше подъем домкрата, тем на большую длину оторвется хлыст от транспортера и, соответственно, тем большая нагрузка придется на домкрат. Зная длину линий отрыва, можно определить нагрузку на опору, считая приподнятую над транспортером часть хлыста как балку на 2 опорах. Для определения этой длины воспользуемся расчетной схемой, показанной на рис. 1.

Левая часть хлыста до точки А плотно прилегает к транспортеру, и на всей ее длине изгибающий момент и углы поворота сечений равны нулю, В точке А — начало отрыва хлыста от транспортера и от приподнятой части возникает реакция R_A . Поместим начало координат в точку А и оси направим, согласно рис. 1.

Интересующую нас длину a можно узнать, определив упругую линию хлыста.

Дифференциальное уравнение упругой линии имеет вид [1]

$$\frac{d^2 y}{dx^2} \left[1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right]^{3/2} = \frac{M_x}{E(x) J(x)}$$

где y — прогиб хлыста; M_x — изгибающий момент в сечении; E_x — модуль упругости дерева вдоль волокон; J_x — момент инерции хлыста в рассматриваемом сечении.

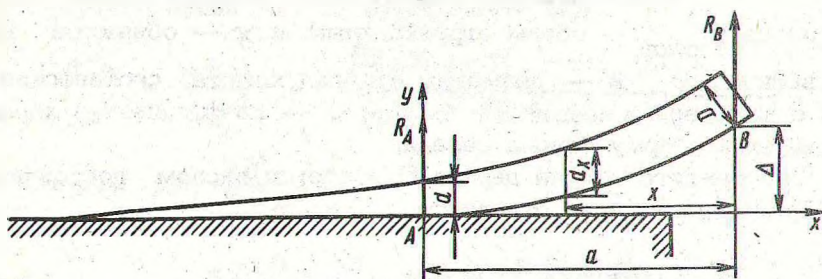


Рис.1. Схема для определения длины отрыва хлыста от транспорта при подъеме его комлевой части.

Однако пользование этим уравнением оправдано для расчета весьма гибких стержней, для которых прогибы могут быть большими.

В нашем случае при подъеме домкрата с комлевой части хлыста прогиб мал и величиной $\left(\frac{dy}{dx} \right)^2$ можно пренебречь. Уравнение пологой кривой линии изогнутой оси хлыста запишется так:

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{M(x)}{E(x) J(x)} \quad (1)$$

Изгибающий момент в сечении хлыста на расстоянии x от точки В равен

$$M(x) = R_B x - Q(x) a(x) ,$$

где $Q(x)$ и $a(x)$ — соответственно вес отрезка хлыста на участке x и расстояние его центра тяжести до плоскости сечения.

Для определения их воспользуемся полученными ранее [2] значениями величин, входящих в формулу:

а) вес отрезка хлыста

$$Q_{\text{о.хл}} = \gamma V_{\text{о.хл}} = \frac{3\pi\gamma}{20C} (D^5 - d^5);$$

б) расстояние от центра тяжести отрезка хлыста до центра тяжести кроны

$$a_{\text{о.хл}} = \frac{5(D^8 - d^8)}{8C(D^5 - d^5)}.$$

Здесь $V_{\text{о.хл}}$ — объем отрезка хлыста; γ — объемный вес древесины; D, d — диаметры отрезка хлыста, соответственно, с комлевой и вершинной частей; C — коэффициент, характеризующий форму ствола дерева.

Для каждого ствола дерева C является числом постоянным и определяется через отношение

$$C = \frac{D}{1},$$

где D — диаметр ствола в любом его сечении до начала кроны; 1 — расстояние от сечения, при котором измерен диаметр, до центра тяжести кроны.

Определим R_B — усилие, создаваемое домкратом

$$\sum M_A = 0; R_B a - \frac{3\pi\gamma(D^5 - d^5)}{20C} \left[\frac{5(D^8 - d^8)}{8C(D^5 - d^5)} - \frac{d^3}{C} \right] = 0;$$

$$R_B = \frac{3\pi\gamma [5(D^8 - d^8) - 8d^3(D^5 - d^5)]}{160C^2 a}; \quad (2)$$

$$M(x) = R_B x - \frac{3\pi\gamma(D^5 - d_x^5)}{20C} \left[\frac{5(D^8 - d^8)}{8C(D^5 - d_x^5)} - \frac{d_x^3}{C} \right] = \frac{3\pi\gamma(D^8 - d^8) - 8d^3(D^5 - d^5)}{160C^2 a} x -$$

$$= \frac{3\pi\gamma}{160C^2} \left[5(D^8 - d^8) - 8d_x^3 \cdot (D^5 - d_x^5) \right].$$

Модуль упругости для хлыста во всех сечениях можно принять постоянным, равным E .

Момент инерции хлыста в сечении x равен

$$J(x) = \frac{\pi d_x^4}{64}.$$

С учетом определенных факторов дифференциальное уравнение упругой линии хлыста будет иметь вид

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{\mu \tau x}{d_x^4} = \frac{\mu [5(D^8 - d_x^8) - 8d_x^3(D^5 - d_x^5)]}{d_x^4},$$

в котором $\mu = \frac{6\gamma}{5EC^2}$;

$$\tau = \frac{5(D^8 - d^8) - 8d^3(D^5 - d^5)}{a}.$$

Так как $D^3 = d_x^3 + Cx$, $d_x = (D^3 - Cx)^{1/3}$.

Проинтегрируем полученное дифференциальное уравнение

$$\frac{dy}{dx} = \theta = \mu \tau \int \frac{x dx}{(D^3 - Cx)^{4/3}} - 5\mu D^8 \int \frac{dx}{(D^3 - Cx)^{4/3}} -$$

$$- 3\mu \int (D^3 - Cx)^{4/3} dx + 8\mu D^5 \int \frac{dx}{(D^3 - Cx)^{1/3}} + C_1;$$

$$\frac{dy}{dx} = \theta = \frac{3\pi\tau(3D^3 - Cx)}{2C^2(D^3 - Cx)^{1/3}} - \frac{3\mu D^5(9D^3 - 4Cx)}{C(D^3 - Cx)^{1/3}} +$$

$$+ \frac{9\mu(D^3 - Cx)^{7/3}}{7C} + C_1. \quad (3)$$

Полагая, что при $x = a$ угол наклона упругой линии хлыста θ равен 0, определим постоянную C_1

$$C_1 = - \frac{3\mu\tau(3D^3 - Ca)}{2C^2(D^3 - Ca)^{1/3}} + \frac{3\mu\tau(9D^3 - 4Ca)}{C(D^3 - Ca)^{1/3}} - \frac{9\mu(D^3 - Ca)^{7/3}}{7C} .$$

Для определения высоты отрыва хлыста от транспортера на рассматриваемом участке проведем повторное интегрирование

$$y = \frac{3\mu\tau}{2C^2} \int \frac{(3D^3 - Cx)dx}{(D^3 - Cx)^{1/3}} - \frac{3\mu D^5}{C} \int \frac{(9D^3 - 4Cx) dx}{(D^3 - Cx)^{1/3}} + \frac{9\mu}{7C} \int (D^3 - Cx)^{7/3} dx + C_1 \int dx + C_2 ;$$

$$y = \frac{27\mu\tau D^3(D^3 - Cx)^{2/3}}{4C^3} + \frac{81\mu D^8(D^3 - Cx)^{2/3}}{2C^2} - \frac{9\mu D^3(D^3 - Cx)^{2/3}}{2C^2} \left(4D^5 - \frac{\tau}{2C}\right) + \frac{9\mu(D^3 - Cx)^{5/3}}{5C^2} \left(4D^5 - \frac{\tau}{2C}\right) - \frac{27\mu(D^3 - Cx)^{10/3}}{70C^2} - \frac{3\mu\tau(3D^3 - Ca)x}{2C^2} + \frac{3\mu D^5(9D^3 - 4Ca)x}{C(D^3 - Ca)^{1/3}} - \frac{9\mu(D^3 - Ca)^{7/3} x}{7C} + C_2 . \quad (4)$$

Для определения C_2 исходим из того, что при $x = a$ $y = 0$

$$C_2 = \frac{27\mu\tau D^3(D^3 - Ca)^{2/3}}{4C^3}$$

При $x = 0$ $y = \Delta$ -- высоте подъема домкрата

$$\Delta = \frac{3\mu}{5C^2} \left\{ \frac{\tau}{C} \left[-9D^5 + \frac{3(3D^3 - Ca)D^3 - C^2 a^2}{(D^3 - Ca)^{1/3}} \right] + \frac{3}{7} \left[114D^{10} + \frac{(D^3 - Ca)^{7/3}(3D^3 + 7Ca)}{2} \right] + \frac{D^5 [33D^3(-3D^3 + Ca) + 16C^2 a^2]}{2(D^3 - Ca)^{1/3}} \right\}$$

Подставив значения μ и τ , получим уравнение зависимости длины отрыва хлыста от транспортера (a) от высоты подъема домкрата (Δ)

$$\Delta = \frac{18\gamma}{25EC^4} \left\{ \frac{5[D^8 - (D^3 - Ca)^{8/3} - 8(D^3 - aC)^{8/3}]}{Ca} - x \frac{-8(D^3 - Ca)[D^5 - (D^3 - Ca)^{5/3}]}{\left[\frac{3D^3(3D^3 - Ca) - C^2 a^2}{(D^3 - Ca)^{1/3}} - 9D^5 \right]} + \frac{3}{7} \left[114D^{10} + \frac{(D^3 - Ca)^{7/3}(3D^3 + 7Ca)}{2} \right] + \frac{D^5 [33D^3(-3D^3 + Ca) + 16C^2 a^2]}{2(D^3 - Ca)^{1/3}} \right\} \quad (5)$$

Решение этого уравнения было проведено на ЭВМ "Мир-2". На рис. 2 представлен график зависимости длины отрыва (a) хлыстов от транспортера при различной высоте подъема домкрата (Δ) для сосны I разряда высот.

Так, при оторцовке хлыста сосны I разряда высот диаметром в комле 32 см и высоте подъема домкрата 8 см происходит отрыв хлыста от транспортера на 10,5 м от комлевого среза, при 16 см -- 12,3 м.

Определив величину a , по уравнению (2) возможно рассчитать нагрузку R_B , передающуюся на домкрат, имея в виду, что

$$d = (D^3 - Ca)^{1/3}.$$

Анализ формулы (5) (рис. 2) показывает, что даже небольшой подъем комлевой части хлыста вызывает значительную длину его отрыва от транспортера, рост которой затем с увеличением высоты подъема резко замедляется. При одинаковой высоте подъема хлыстов малых и крупных диаметров отрыв последних ввиду их большей жесткости происходит на большую длину.

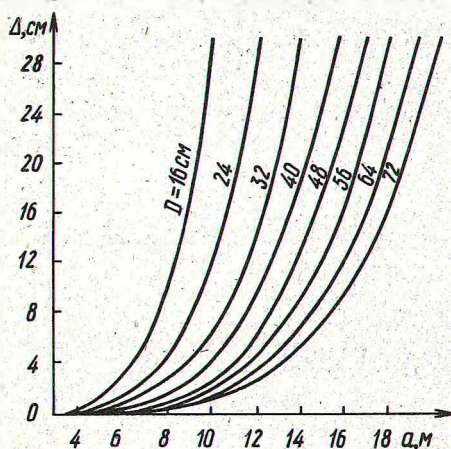


Рис.2. График зависимости длины отрыва (а) хлыстов различного диаметра в комле от транспортера при различной высоте подъема домкрата (Δ) для сосны I разряда высот.

Резюме. Проведены теоретические исследования гибкости стволов деревьев различных таксационных параметров, получены уравнения для их определения, приведен график для нахождения длины изогнутой оси сосны I разряда высот.

Результаты исследований могут быть использованы во всех случаях, где необходимо по высоте подъема хлыста с комлевой части определить величину его отрыва от поверхности и нагрузки, передающиеся при этом на поднимающий орган.

Л и т е р а т у р а

1. Беляев Н.М. Сопротивление материалов. М., 1976.
2. Добровольский В.А. Определение центра тяжести ствола дерева как параболоида вращения. -- В сб.: Механизация лесоразработок и транспорт леса, вып. 7. Минск, 1977.