

УДК 630.377.4

Анализ влияния смещения центра тяжести дерева в захвате лесопогрузчика на его динамические характеристики

Д.В. Черник

Сибирский государственный технологический университет, пр. Мира 82, Красноярск, Россия
dionisu2@mail.ru

Статья поступила 06.01.2013, принята 26.04.2013

Гусеничные лесопогрузчики на базе лесопромышленных тракторов ТТ-4М с полужесткой подвеской корпуса широко используются в лесной промышленности России. При движении с грузом через препятствия одним бортом, при смещении центра тяжести груза относительно продольной оси машины возникают динамические нагрузки в поперечно-вертикальной плоскости, которые необходимо учитывать при проектировании лесопогрузчиков. В статье рассматривается вопрос о влиянии положения дерева в захвате лесопогрузчика на жесткость вершинной и комлевой частей при смещении предмета труда относительно продольной оси лесопогрузчика. При этом максимальное смещение в обоих направлениях принимается 1,67 м. Приведена расчетная схема расположения дерева в захвате. Показана методика расчета жесткости вершинной и комлевой частей в зависимости от смещения. Построены графики зависимости жесткости частей дерева от смещения для II...IV разрядов сосны и ели, проведен их анализ.

Ключевые слова: гусеничный лесопогрузчик, захват лесопогрузчика, смещение центра тяжести дерева, жесткость частей дерева, динамические характеристики дерева.

Analysis of effect of a tree's center-of-gravity shift in logger's gripping device on its dynamic characteristics

D.V. Chernik

Siberian State Technological University, 82 Mira av., Krasnoyarsk, Russia
dionisu2@mail.ru

Received 06.01.2013, accepted 26.04.2013

Caterpillar loggers mounted on forestry tractors TT-4M with semirigid suspension framing are widely used in Russia's forestry. While moving under loading conditions over obstacles with one side, the dynamic loads occur in the vertical-lateral plane due to the load's center-of-gravity shift relative to the machine's longitudinal axis and they are to be taken into account when designing the loggers. In this paper, the issue of the effect of a tree's position in a logger's gripping device on stiffness of a top end and a butt position is considered under shifting of the object along the logger's longitudinal axis. Besides, the maximum shift in both directions is equal to 1.67 m. The loading diagram of the tree's placement in a logger's gripping device has been provided. The design procedure to calculate stiffness of a top end and a butt depending on the shift has been shown. The stiffness dependency diagrams of tree parts on the shift for II ... IV pine and fir categories have been constructed, and their analysis has been conducted.

Keywords: caterpillar logger, logger's gripping device, tree's center-of-gravity shift, stiffness of tree parts, tree's dynamic characteristics.

Динамические нагрузки на технологическое оборудование в боковом направлении в режиме грузового хода лесопогрузчика возникают при наезде на препятствие одним бортом машины, при смещении центра тяжести груза относительно продольной оси, при движении машины поперек уклона погрузочной площадки. Кроме того, при колебаниях пакета хлыстов вследствие разности жесткости и массы вершинной и комлевой частей деревьев в поперечной плоскости возникает дополнительный момент. Совпадение указанных факторов во времени обуславливает экстремальные режимы работы, которые необходимо учитывать при проектировании лесопогрузчиков.

При проектировании лесопогрузчиков перекидного и фронтального типов принято считать, что центр тя-

жести дерева, расположенного в захвате, совпадает с продольной осью машины. Но практика показывает, что смещение центра тяжести дерева относительно продольной оси лесопогрузчика может достигать 1,67 м [1]. Данный фактор влияет на величину дополнительного момента, который возникает при колебаниях во время грузового хода лесопогрузчика вследствие разности величин масс и жесткостей вершинной и комлевой частей. Дополнительный момент, возникающий в поперечной плоскости, увеличивает величину динамической нагруженности элементов конструкции рабочего оборудования. Исходя из этого, вопрос влияния смещения центра тяжести дерева относительно продольной оси лесопогрузчика на дополнительный момент является актуальным.

Рассмотрим влияние положения дерева в захвате лесопогрузчика на его жесткость.

При составлении расчетной схемы хлыста учитываем следующие условия (рис. 1):

- хлыст располагается на двух опорах;
- исключены вертикальные перемещения хлыста относительно опор, возможны угловые перемещения.

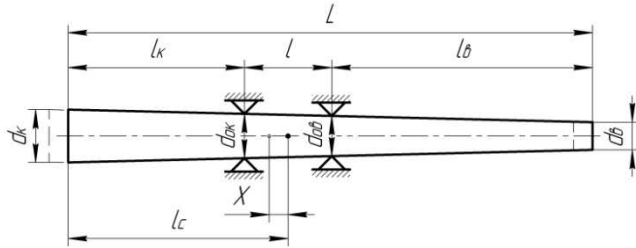


Рис. 1. Расчетная схема к определению жесткости хлыста

На схеме: L – длина дерева; l_k , l_b – длина соответственно комлевой и вершинной частей; l – ширина захвата; d_k , d_b – диаметр комлевой и вершинной частей соответственно; d_{OK} , d_{OB} – диаметр ствола соответственно на комлевой и вершинной опорах; l_c – расстояние до центра тяжести дерева со стороны комля; X – величина смещения центра тяжести относительно продольной оси лесопогрузчика.

Оценку жесткости вершинной (C_B) и комлевой (C_K) частей деревьев выполним по формулам [2]:

$$C_K = E\pi(t_K)^3 \left\{ 64 \left[\frac{l_K^2}{l^2} \left(\frac{1}{3d_{OB}} - \frac{d_{OB}^2}{3(t_K \cdot l + d_{OB})^3} + \frac{d_{OB}}{(t_K \cdot l + d_{OB})^2} - \frac{1}{t_K \cdot l + d_{OB}} \right) + \frac{1}{3d_K} + \frac{d_K^2}{3(d_K - t_K \cdot l_K)^3} - \frac{d_K}{3(d_K - t_K \cdot l_K)^2} + \frac{1}{d_K - t_K \cdot l_K} \right] \right\}^{-1} \quad (1)$$

$$C_B = E\pi(t_B)^3 \left\{ 64 \left[-\frac{l_B^2}{l^2} \left(\frac{t_B \cdot l + d_{OB}}{d_{OB}^2} - \frac{(t_B \cdot l + d_{OB})^2}{3d_{OB}^3} - \frac{1}{d_{OB}} + \frac{1}{3(t_B \cdot l + d_{OB})} \right) + \frac{d_{OB} - t_B \cdot l_B}{d_{OB}^2} - \frac{1}{d_{OB}} - \frac{(d_{OB} - t_B \cdot l_B)^2}{3d_{OB}^3} + \frac{1}{d_{OB} - t_B \cdot l_B} \right] \right\}^{-1} \quad (2)$$

где E – модуль упругости древесины при растяжении; t_K , t_B – средний сбеги комлевой и вершинной частей соответственно. Остальные обозначения соответствуют рис. 1. Модуль упругости древесины принимаем: $E = 9,81 \cdot 10^9 \text{ Н/м}^2$.

Условимся, что при смещении дерева в сторону комлевой части X имеет положительный знак, а в сто-

рону вершинной – отрицательный (рис. 1). Тогда длина комлевой части будет увеличиваться на величину X :

$$l_{KX} = l_K + X, \quad (3)$$

соответственно длина вершинной части уменьшается на величину X :

$$l_{BX} = l_B - X. \quad (4)$$

Тогда диаметр ствола на вершинной опоре при смещении уменьшится на величину $X \cdot t_B$:

$$d_{OBX} = d_{OB} - X \cdot t_B. \quad (5)$$

Используя формулы (3), (4), (5), преобразуем формулы (1) и (2) с учетом смещения X , получим:

$$C_K = E\pi(t_K)^3 \left\{ 64 \left[\frac{l_{KX}^2}{l^2} \left(\frac{1}{3d_{OBX}} - \frac{d_{OBX}^2}{3(t_K \cdot l + d_{OBX})^3} + \frac{d_{OBX}}{(t_K \cdot l + d_{OBX})^2} - \frac{1}{t_K \cdot l + d_{OBX}} \right) - \frac{1}{3d_K} + \frac{d_K^2}{3(d_K - t_K \cdot l_{KX})^3} - \frac{d_K}{3(d_K - t_K \cdot l_{KX})^2} + \frac{1}{d_K - t_K \cdot l_{KX}} \right] \right\}^{-1} \quad (6)$$

$$C_B = E\pi(t_B)^3 \left\{ 64 \left[-\frac{l_{BX}^2}{l^2} \left(\frac{t_B \cdot l + d_{OBX}}{d_{OBX}^2} - \frac{(t_B \cdot l + d_{OBX})^2}{3d_{OBX}^3} - \frac{1}{d_{OBX}} + \frac{1}{3(t_B \cdot l + d_{OBX})} \right) + \frac{d_{OBX} - t_B \cdot l_{BX}}{d_{OBX}^2} - \frac{1}{d_{OBX}} - \frac{(d_{OBX} - t_B \cdot l_{BX})^2}{3d_{OBX}^3} + \frac{1}{d_{OBX} - t_B \cdot l_{BX}} \right] \right\}^{-1} \quad (7)$$

Вычисления по формулам (6) и (7) позволили получить значения жесткостей вершинной и комлевой частей деревьев II...IV разрядов сосны и ели [3], а также зависимости этих параметров от положения дерева в захвате лесопогрузчика (рис. 2 – 7).

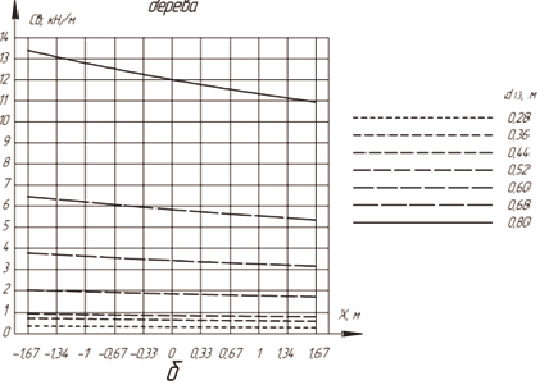
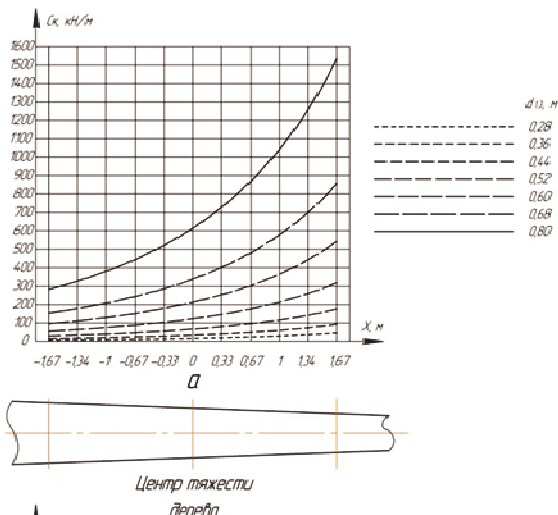


Рис. 2. Графики зависимостей жесткостей частей дерева от его положения в захвате для сосны II разряда: а – комлевой части; б – вершинной

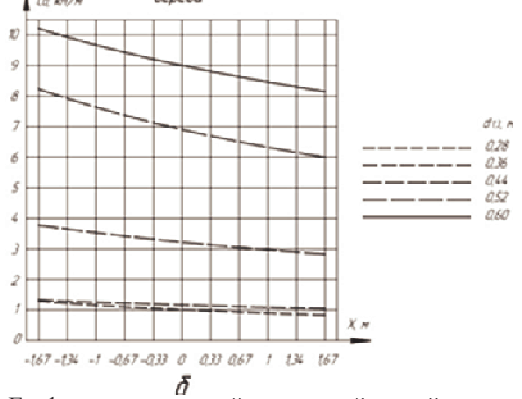
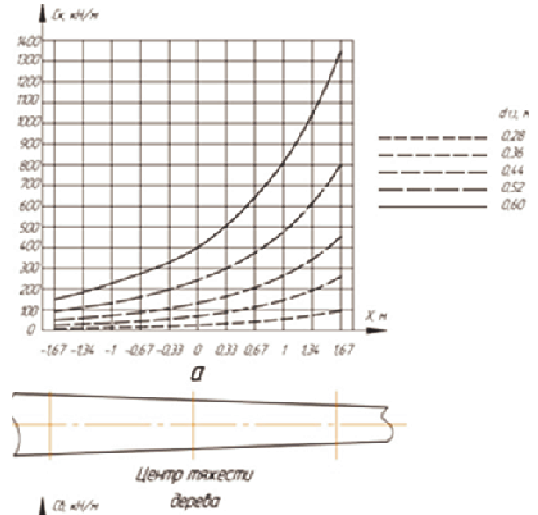


Рис. 4. Графики зависимостей жесткостей частей дерева от его положения в захвате для сосны IV разряда: а – комлевой части; б – вершинной

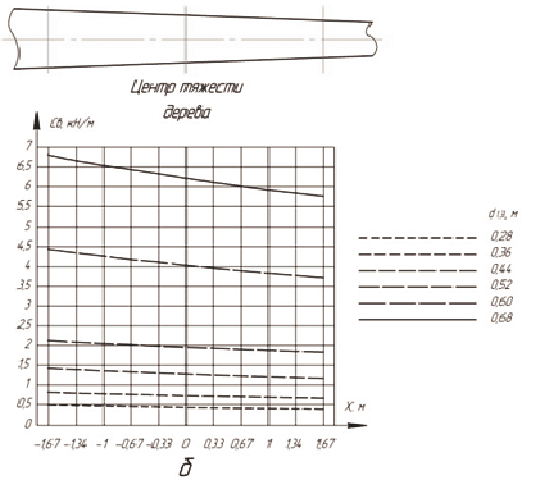
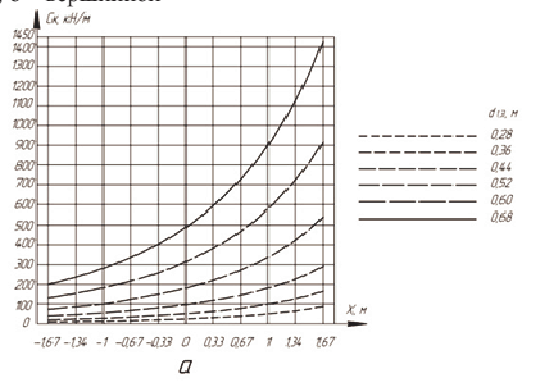


Рис. 3. Графики зависимостей жесткостей частей дерева от его положения в захвате для сосны III разряда: а – комлевой части; б – вершинной

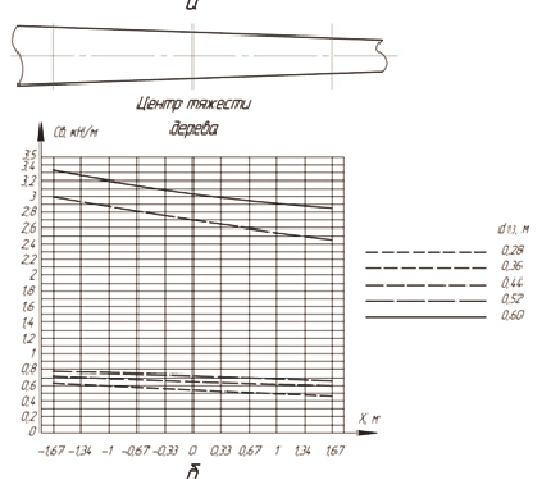
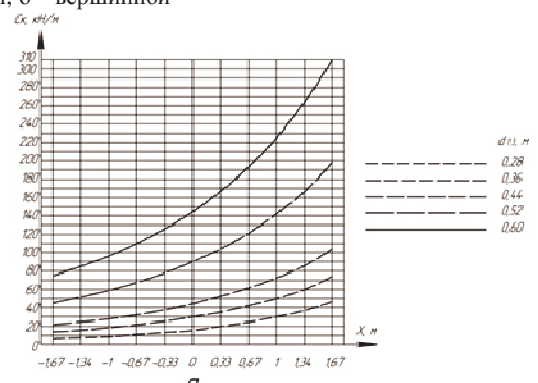


Рис. 5. Графики зависимостей жесткостей частей дерева от его положения в захвате для ели II разряда: а – комлевой части; б – вершинной

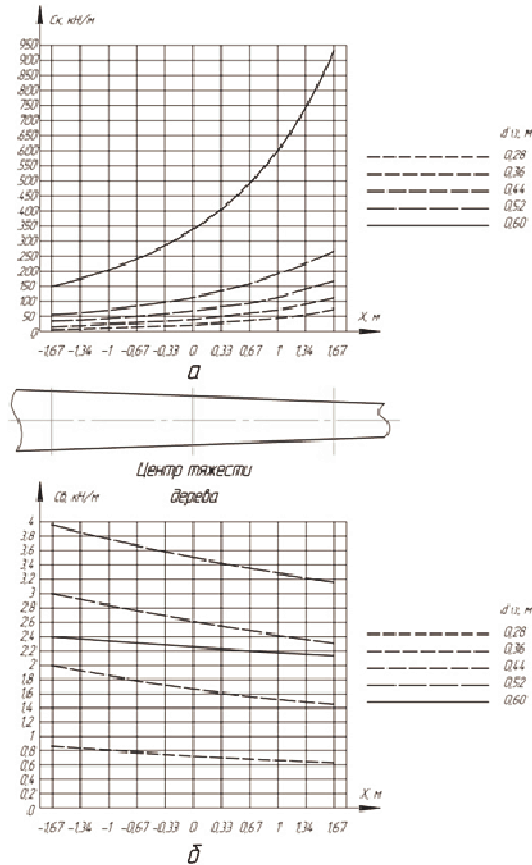


Рис. 6. Графики зависимостей жесткостей частей дерева от его положения в захвате для ели III разряда: а – комлевой части; б – вершинной

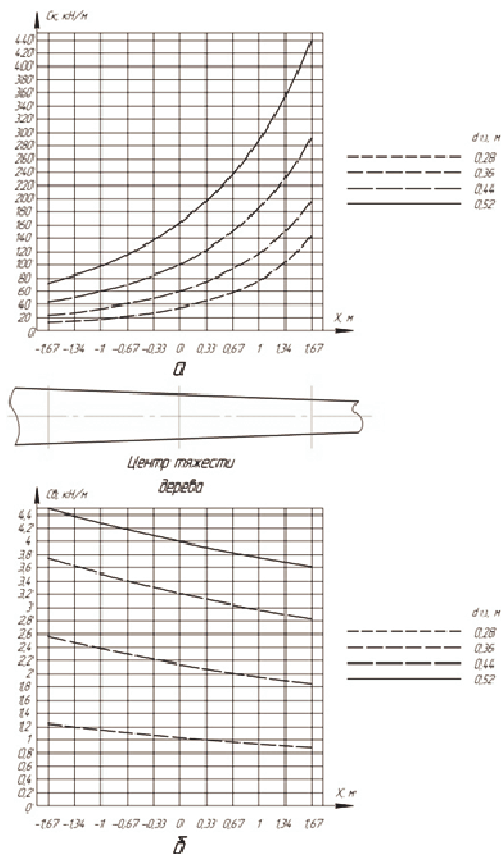


Рис. 7. Графики зависимостей жесткостей частей дерева от его положения в захвате для ели IV разряда: а – комлевой части; б – вершинной

Анализ полученных данных и рис. 2 – 7 позволяет сделать следующие выводы.

1. При смещении на величину 1,67 м в сторону комля жесткость комлевой части уменьшается в 2...2,5 раза, при смещении в сторону вершины – возрастает в 3...3,5 раза. Изменение жесткости вершинной части колеблется в пределах 10...20 % в обоих направлениях.

2. Изменение жесткости зависит от породы деревьев, что связано с различием их высот в пределах одного разряда при равных диаметрах на высоте груди. Так, для II разряда при $d_{1,3} = 0,44$ м уменьшение жесткости комлевой части при смещении дерева к комлю составляет: для сосны – в 2,25 раза, для ели – в 2,08. Увеличение жесткости при смещении дерева в сторону вершины составит: для сосны – в 2,62 раза, для ели – в 2,34.

3. С увеличением разрядности древостоев наблюдается снижение их высот и, вследствие этого, увеличение кратности изменения жесткости при одной и той же величине смещения.

Графики зависимости жесткости частей дерева от смещения центра тяжести относительно продольной оси погрузчика показаны на рисунках 2, 3, 4 (для сосны) и 5, 6, 7 (для ели).

Литература

1. Полетайкин В.Ф. Проектирование лесных машин. Моделирование рабочих режимов тракторных лесопогрузчиков. Красноярск: КГТА, 1996. 248 с.
2. Лозовой В.А. Расчеты лесозаготовительного оборудования с учетом колебаний. Красноярск: СибГТУ, 1999. 140 с.
3. Тюрин А.В., Науменко И.М., Воропанов П.В. Лесная вспомогательная книжка. М.: Гослесбумиздат, 1956. 532 с.

References

1. Poletaykin V.F. Logging machines design. Simulation of loggers' working conditions. Krasnoyarsk: KGTA, 1996. 248 s.
2. Lozovoy V.A. Calculations of the logging equipment taking into account oscillations. Krasnoyarsk: SibGTU, 1999. 140 s.
3. Tyurin A.V., Naumenko I.M., Voropanov P.V. Forest auxiliary book. M.: Goslesboomizdat, 1956. 532 s.