

1991.— 8 p. [17]. Lugo A. E., Chapman J. Biomass of tropical tree plantations and its implications for the global carbon budget // Can. J. For. Res.— 1986.— Vol. 16, N 2.— P. 390—394. [18]. Palumets J. Analysis of phytomass partitioning in Norway spruce.— Tartu; Tartu Ülikool, VIII Scripta Botanica, 1991.— 95 p. [19]. Usoltsev V. A. Recurrent regression system as a base for tree and stand biomass tables // Harvesting and utilization of tree foliage: IUFRO Project Group P3.05—00 Meeting.— Riga, 1989.— P. 217—245. [20]. Usoltsev V. A. Mensuration of forest biomass; Modernization of standard base of forest inventory // XIX World Congress Proceedings, IUFRO, Division 4.— Montreal, Canada, 1990.— P. 70—92.

Поступила 22 февраля 1993 г.

УДК 630* : 65.011.54

ДИНАМИКА ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН С ДВУХПОТОЧНОЙ ФРИКЦИОННОЙ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОЙ МУФТОЙ ПРИ УПРУГИХ СВЯЗЯХ

В. Р. КАРАМЫШЕВ

Воронежский лесотехнический институт

В [2] была рассмотрена динамика ротационных лесохозяйственных машин с двухпоточной фрикционной предохранительной муфтой при жесткой связи между рабочим органом и предметом, явившимся причиной перегрузки. В реальных условиях работы эти связи упругие и нелинейные [1]. Во многих случаях нелинейные связи можно линеаризовать. Поэтому для определения максимальных нагрузок, возникающих в элементах лесохозяйственных машин при перегрузках, следует рассмотреть их динамику при упругой связи.

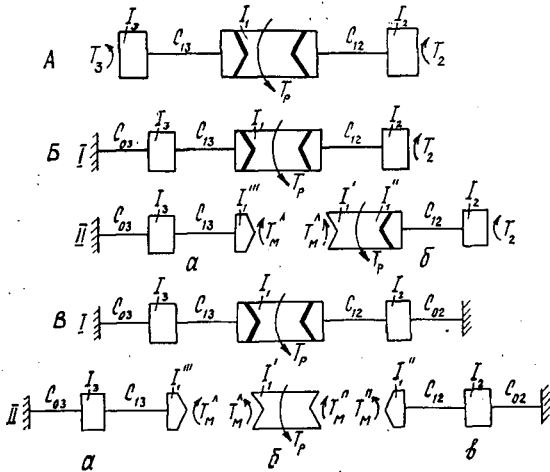
Ротационные лесохозяйственные машины, защищенные от перегрузок двухпоточными фрикционными предохранительными муфтами, известными методами [3] могут быть приведены к трехмассовым динамическим расчетным схемам, а масса муфты — к средней массе (рис. А). На систему действуют рабочий момент T_p и моменты сил сопротивления T_2 и T_3 . Действующие моменты и жесткости системы C_{12} и C_{13} постоянны. Система вращается с угловой скоростью ω_0 . При этом процесс перегрузки лесохозяйственных машин разделен на два периода: I — нарастание нагрузки до срабатывания предохранительной муфты; II — от срабатывания муфты до возникновения максимального динамического момента в системе. Кроме того, учитывалось, что перегрузка может возникнуть как на одном рабочем объекте машины (стопорится одна из крайних масс системы), так и на двух (стопорятся одновременно обе крайние массы системы).

При перегрузке одного рабочего объекта (стопорится, например, левая масса системы) в первом периоде система из трехмассовой (рис. А) преобразуется в трехмассовую с заделкой (рис. Б, I). Звено C_{03} имитирует упругий характер связи, образовавшейся при перегрузке. В этом случае система нагружена рабочим моментом T_p и моментом сопротивления T_2 .

Дифференциальные уравнения движения системы запишутся в виде

$$\left. \begin{aligned} I_1 \ddot{\varphi}_1 + (\varphi_1 - \varphi_2) C_{12} - (\varphi_2 - \varphi_1) C_{13} &= T_p; \\ I_2 \ddot{\varphi}_2 - (\varphi_1 - \varphi_2) C_{12} &= -T_2; \\ I_3 \ddot{\varphi}_3 + (\varphi_3 - \varphi_1) C_{13} &= -\varphi_3 C_{03}, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где I_1, I_2, I_3 — моменты инерции центральной, правой и левой масс системы;



Расчетные схемы динамических систем лесохозяйственных машин с двухпоточной фрикционной предохранительной муфтой: А — до перегрузки; Б — перегружен один рабочий объект; В — перегружены два рабочих объекта; а, б — ведомые, б — ведущие части систем; I, II — периоды перегрузки

$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ — углы закручивания звеньев системы с жесткостями C_{12}, C_{13}, C_{03} .

Дифференцируя систему (1) дважды, а ее первое уравнение четырежды, методом последовательного исключения неизвестных систему приводим к виду

$$\begin{aligned} \frac{d^6 \varphi_1}{dt_1^6} + \frac{d^4 \varphi_1}{dt_1^4} \left[\frac{I_1 + I_2}{I_1 I_2} C_{12} + \frac{I_1 + I_3}{I_1 I_3} C_{13} + \frac{C_{03}}{I_3} \right] + \frac{d^2 \varphi_1}{dt_1^2} \left[\frac{C_{12} C_{13}}{I_1 I_2 I_3} (I_1 + \right. \\ \left. + I_2 + I_3) + \frac{C_{03}}{I_1 I_2 I_3} (I_1 C_{12} + I_2 (C_{12} + C_{13})) \right] + \frac{\varphi_1 C_{12} C_{13} C_{03}}{I_1 I_2 I_3} = \\ = \frac{(T_p - T_2) C_{12} (C_{13} + C_{03})}{I_1 I_2 I_3}. \end{aligned} \quad (2)$$

Ее характеристическое уравнение

$$\begin{aligned} k^6 + k^4 \left[\frac{I_1 + I_2}{I_1 I_2} C_{12} + \frac{I_1 + I_3}{I_1 I_3} C_{13} + \frac{C_{03}}{I_3} \right] + k^2 \left[\frac{C_{12} C_{13}}{I_1 I_2 I_3} (I_1 + I_2 + I_3) + \right. \\ \left. + \frac{C_{03}}{I_1 I_2 I_3} (I_1 C_{12} + I_3 (C_{12} + C_{13})) \right] + \frac{C_{12} C_{13} C_{03}}{I_1 I_2 I_3} = 0. \end{aligned} \quad (3)$$

Обозначив член при k^4 через a , при k^2 — через b , свободный член — через c и приняв $k^2 = n$, получим кубическое уравнение

$$n^3 + an^2 + bn + c = 0. \quad (4)$$

В уравнении (4) неизвестное n заменим новым неизвестным x , связанным с ним неравенством

$$n = x - a/3, \quad (5)$$

тогда выражение (4) запишется как неполное кубическое уравнение

$$x^3 + px + q = 0, \quad (6)$$

где

$$p = -a^2/3 + b; \quad q = 2(a/3)^3 - ab/3 + c.$$

Определив корни уравнения (6) с учетом (5), найдем корни уравнения (4), а затем, приняв $k^2 = n$, корни уравнения (3).

Корни уравнения могут быть действительными и комплексными. Им соответствуют двенадцать различных вариантов корней k уравнения (3). Существуют и общие решения уравнения (2).

Следовательно, для первого периода процесса перегрузки нельзя получить в общем виде зависимости по определению динамических моментов для всех возможных случаев. Решение может быть получено только на основе конкретных значений моментов инерции масс и жесткостей звеньев рассматриваемой системы.

Поэтому необходимы определенные допущения. Поскольку динамические моменты в упругих звеньях T_{12} , T_{13} , T_{03} не превышают регулировочного момента левой части двухпоточной предохранительной муфты (в противном случае происходит срабатывание муфты и расчетная схема не соответствует действительной), то первый период процесса перегрузки можно не рассматривать, приняв, что по окончании его упругие звенья системы нагружены регулировочным моментом муфты T_M^A , т. е. $T_{12} = T_{13} = T_{03} = T_M^A$, а угловые скорости масс равны начальной скорости системы ω_0 . При таком допущении точность расчета несколько снижается. Если потребуются более точные вычисления, следует для конкретной динамической системы вычислить корни уравнения (3) и решить (2) одним из методов, приведенных в [5].

Во втором периоде возникают максимальные динамические нагрузки при срабатывании одной из частей предохранительной муфты (в данном случае левой). Согласно методу декомпозиции расчетная схема приводится к двум: двухмассовой с заделкой, на которую действует регулировочный момент левой части предохранительной муфты T_M^A (рис. Б, II, а), и ведущей двухмассовой (рис. Б, II, б). Максимальные динамические нагрузки возникают в ведомой части системы, которую мы и рассматриваем.

Движение системы описывается дифференциальными уравнениями

$$\left. \begin{aligned} I_1'''' \varphi_1 + (\varphi_1 - \varphi_3) C_{12} &= T_M^A; \\ I_3'''' \varphi_3 + \varphi_3 C_{03} &= -(\varphi_3 - \varphi_1) C_{13}. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Преобразуя (7), получаем

$$\frac{d^4 \varphi_3}{dt^4} + \frac{d^2 \varphi_3}{dt^2} \left(\frac{C_{03} + C_{13}}{I_3} + \frac{C_{13}}{I_1''''} \right) + \varphi_3 \frac{C_{03} C_{13}}{I_1'''' I_3} = \frac{T_M^A C_{13}}{I_1'''' I_3}. \quad (8)$$

Общее решение уравнения (8) имеет вид

$$\varphi_3 = A \sin k_1 t_2 + B \cos k_1 t_2 + C \sin k_2 t_2 + D \cos k_2 t_2 + E, \quad (9)$$

где A , B , C , D , E — постоянные коэффициенты;

k_1 , k_2 — частоты свободных колебаний.

Найдя первую и вторую производные от φ_3 и подставив их значения во второе уравнение системы (7), будем иметь

$$\begin{aligned} \varphi_1 = \frac{1}{C_{13}} [&-I_3 k_1^2 A \sin k_1 t_2 - I_3 k_1^2 B \cos k_1 t_2 - I_3 k_1^2 C \sin k_2 t_2 - \\ &- I_3 k_2^2 D \cos k_2 t_2 + (C_{03} + C_{13})(A \sin k_1 t_2 + B \cos k_1 t_2 + \\ &+ C \sin k_2 t_2 + D \cos k_2 t_2 + E)]. \end{aligned} \quad (10)$$

Начальные условия для второго периода перегрузки

$$T_{13} = T_{03} = T_M^A; \quad \varphi_3 = T_M^A / C_{03};$$

$$\varphi_1 - \varphi_3 = T_M^A / C_{13}; \quad \dot{\varphi}_1 = \dot{\varphi}_3 = \omega_0$$

позволят определить постоянные коэффициенты A , B , C , D , E .

Подставляя значения этих коэффициентов в уравнения (9) и (10), можно найти динамические моменты в упругих звеньях системы:

$$T_{13} = (\varphi_1 - \varphi_3) C_{13}; \quad (11)$$

$$T_{03} = \varphi_3 C_{03}, \quad (12)$$

а затем максимальные их величины:

$$T_{13 \max} = (C_{03} - I_3 k_1^2) \frac{\omega_0 (C_{03} - I_3 k_2^2)}{I_3 k_1 (k_1^2 - k_2^2)} + \\ + (C_{03} - I_3 k_2^2) \frac{\omega_0 (I_3 k_1^2 - C_{03})}{I_3 k_2 (k_1^2 - k_2^2)} + T_{\text{м}}^{\text{л}}; \quad (13)$$

$$T_{03 \max} = \frac{C_{03} \omega_0}{I_3 (k_1^2 - k_2^2)} \left(\frac{C_{03} - I_2 k_2^2}{k_1} - \frac{C_{03} - I_3 k_1^2}{k_2} \right) + T_{\text{м}}^{\text{л}}. \quad (14)$$

При перегрузке правой массы системы расчетные зависимости для определения максимальных динамических нагрузок имеют такой же вид, как (13) и (14), но с параметрами правой ведомой части системы.

Из полученных формул видно, что на максимальные динамические нагрузки, возникающие при срабатывании двухшпоночной фрикционной предохранительной муфты в упругих звеньях систем ротационных лесохозяйственных машин, более существенно влияет скорость вращения системы, а затем ее жесткости и моменты инерции.

Расчет по формулам (13) и (14) позволит определить максимальные динамические нагрузки, непосредственно возникающие в элементах рабочих органов ротационных лесохозяйственных машин (звено C_{03}), что невозможно сделать по ранее найденным зависимостям [2].

При перегрузке одновременно двух рабочих объектов в первом периоде трехмассовая система (рис. А) преобразуется в трехмассовую с двумя заделками с жесткостями C_{02} и C_{03} , на которую действует рабочий момент T_p (рис. Б, I). Дифференциальные уравнения, описывающие движение системы, запишутся в виде

$$\left. \begin{aligned} I_1 \ddot{\varphi}_1 + (\varphi_1 - \varphi_2) C_{12} - (\varphi_3 - \varphi_1) C_{13} &= T_p; \\ I_2 \ddot{\varphi}_2 - (\varphi_1 - \varphi_2) C_{12} &= -\varphi_2 C_{02}; \\ I_3 \ddot{\varphi}_3 + (\varphi_3 - \varphi_1) C_{13} &= -\varphi_3 C_{03}. \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

Систему (15) можно свести к кубическому уравнению (аналогично первому периоду, когда перегружен один рабочий объект). Следовательно, для этого случая также невозможно получить зависимости в общем виде. Целесообразней и здесь принять, что в конце первого периода упругие звенья системы нагружены регулировочным моментом муфты: $T_{12} = T_{13} = T_{02} = T_{03} = T_{\text{м}}$.

Расчетные схемы второго периода, когда перегружены два рабочих объекта (рис. В, II, а, в), полностью совпадают с расчетными схемами аналогичного периода, когда перегружен один объект (рис. Б, II, а). Поэтому для определения максимальных динамических нагрузок, возникающих в упругих звеньях системы при срабатывании обеих частей двухшпоночной фрикционной предохранительной муфты, могут быть использованы зависимости (13) и (14).

Расчеты, выполненные по полученным формулам, достаточно хорошо согласуются с экспериментальными данными (например, при частоте вращения $n = 300 \text{ мин}^{-1}$ расхождение составляет 5...6 %).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Карамышев В. Р., Нартов П. С. Повышение надежности работы предохранительных муфт лесохозяйственных машин.— Воронеж: ВГУ, 1983.— 140 с.

[2]. Карамышев В. Р., Чинарев В. Я. Динамика перегрузки лесохозяйственных машин с двухпоточной фрикционной предохранительной муфтой // Лесн. журн.— 1988.— № 2.— С. 18—22.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Кожевников С. Н. Динамика машин с упругими звеньями.— Киев: АН УССР, 1961.— 160 с. [4]. Курош А. Г. Курс высшей алгебры.— М.: Наука, 1975.— 432 с. [5]. Степанов В. В. Курс дифференциальных уравнений.— М.: ГИФМЛ, 1959.— 468 с.

Поступила 12 октября 1992 г.

УДК 630*432(571.6)

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ В ЛЕСАХ НА ПРИМЕРЕ ЮГА ХАБАРОВСКОГО КРАЯ

Г. В. СОКОЛОВА

ДальНИИЛХ

Возникновение пожарной опасности в лесах решающим образом зависит от метеоусловий, так как многие другие природные факторы, например структура и состояние растительного покрова, рельеф местности, относительно стабильны. Поэтому естественно, что при составлении прогнозов пожарной опасности в лесах используют метеопрогнозы общего пользования [3]. Однако на их основе можно дать лишь качественную оценку ожидаемой пожарной опасности ввиду отсутствия прогноза по точке росы. По этой же причине невозможно рассчитать класс пожарной опасности в лесу на прогнозируемый период.

В оперативной работе органов лесного хозяйства пожарная опасность в лесах характеризуется объективным числовым значением, называемым комплексным метеорологическим показателем пожарной опасности *КП*, который рассчитывают по общепринятой формуле В. Г. Нестерова

$$КП = \sum_1^n t(t - \tau), \quad (1)$$

где t — температура воздуха днем;
 τ — точка росы для этой температуры;
 n — число дней с осадками менее 3 мм в сутки.

Многие ученые для оценки пожарной опасности в лесу по условиям погоды предлагают учитывать некоторые другие факторы: характер дождевого периода (Г. Я. Вангенгейм, ЦИП), ветер и влажность воздуха (И. С. Мелехов, ВАСХНИЛ), солнечную радиацию (Н. А. Диченков, ЦБНТИ). Н. П. Курбатский указывал на необходимость совершенствования определения степени пожарной опасности в лесу по условиям погоды. Однако индивидуальный учет множества факторов не только более точно характеризует условия загоряемости леса, но одновременно вызывает резкое увеличение числа вычислительных операций, что неприемлемо на практике.

Учет трех основных метеоэлементов (формула В. Г. Нестерова) является в настоящее время оптимальным, хорошо зарекомендовавшим себя на практике вариантом в любой системе оценки и прогнозирования пожарной опасности в лесу по условиям погоды. Нами сделана попытка разработать именно такие практические приемы, которые были бы доступны для работников авиаотделений или лесхозов, где нет возможности применить ЭВМ.

Была построена математическая модель прогноза пожарной опасности (*ЛПО*) в лесах по условиям погоды на юге Хабаровского края