

Амплитуды крутильных колебаний дискретных масс привода определяли для режимов холостого и рабочего ходов по стандартной программе РО714. Исходные данные и характер преобразования элементов матрицы приведены в работе [2]. При расчете для режима рабочего хода были удержаны только две первые гармоники возмущающих моментов, поскольку резонансов с остальными гармониками не наблюдается и их колебательная мощность незначительна. Для режима холостого хода учтены первая, вторая и четвертая гармоники моментов. Результаты расчета представлены в табл. 3.

Таблица 3

Расчетные значения амплитуд крутильных колебаний привода  $a_i \cdot 10^{-3}$ , рад

Режим работы	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$	$a_7$
Холостой ход	30,2	14,5	28,8	—	—	—	—
Рабочий ход, пиление с гидроклином	10,7	4,3	13,5	1,3	3,3	0,77	2,7

Данные табл. 3 показывают, что на рабочих режимах эксплуатации амплитуды крутильных колебаний масс привода значительны. Соотношение амплитуд подтверждает наличие на режиме рабочего хода резонанса 3-й формы колебаний, холостого — 1-й формы [2].

Динамические нагрузки в валах трансмиссии можно определить по соотношению

$$M_{ni} = c_i (a_i - a_{i+1}), \quad i = 1, 2, 3, \dots$$

Экспериментальная проверка теоретической модели путем тензометрирования динамической нагрузки в ведущем валу редуктора с жесткостью  $c_3$  и измерения амплитуд крутильных колебаний маховика ( $I_1$ ) и муфты сцепления ( $I_3$ ) с помощью фотоэлектрических датчиков подтвердила ее приемлемость для практических расчетов (ошибка не превышает 15 %). Используя предложенную модель, можно оптимизировать динамические параметры системы привода и повысить ее надежность.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Келлер Э. А. Аппроксимация внешних нагрузок привода пильного аппарата мотопил // Динамика и прочность механических систем: Межвуз. сб. / Перм. политех. ин-т.—1981.—С. 15—21. [2]. Келлер Э. А. Определение критических оборотов системы привода бензиномоторных пил // Лесн. журн.—1988.—№ 6.—С. 120—123.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 27 января 1989 г.

УДК 630\*323.13 : 630\*181.23

### К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ ВЕТРА НА ВАЛКУ ДЕРЕВЬЕВ

И. Н. ОЩИПОК

Львовский лесотехнический институт

В статье приведены результаты экспериментальных и теоретических исследований по определению ветровых нагрузок на рабочие органы машин при их взаимодействии с деревьями в процессе валки. Экспериментально были установлены размерные параметры крон деревьев сосны, произрастающей в равнинных условиях западных областей Украины.

Для определения зависимости между устойчивостью деревьев и силой ветрового напора были приняты следующие допущения: направление ветра неизменно; скорость ветра по высоте постоянна; крона дерева симметрична его оси; давление ветра перпендикулярно проекции надземной части дерева на вертикальную плоскость; площадь лобовой поверхности дерева ( $S$ , м<sup>2</sup>) не зависит от скорости ветра.

Расчетная ветровая нагрузка ( $P_w$ , Н) на участок лобовой поверхности дерева может быть вычислена по формуле

$$P_w = \beta K_\alpha Q_p S, \quad (1)$$

где  $\beta$  — коэффициент, учитывающий динамическое воздействие порывов ветра;

$K_\alpha$  — аэродинамический коэффициент, определяемый экспериментально;

$Q_p$  — расчетная сила ветрового напора, Па.

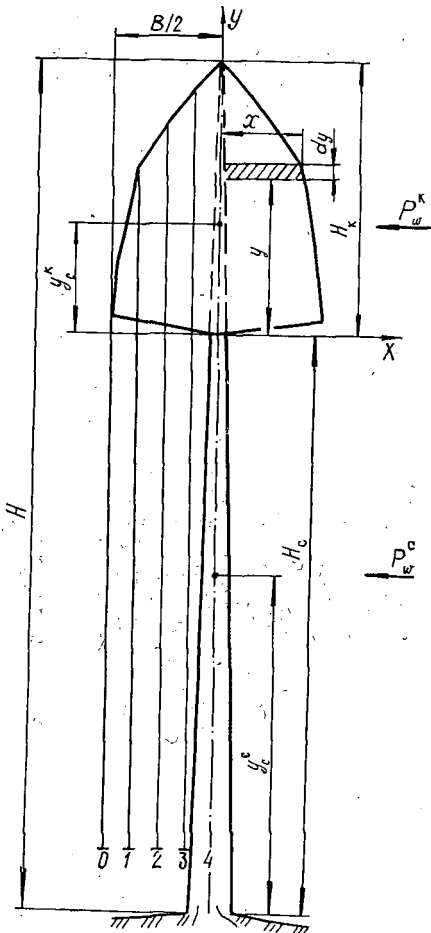
Аэродинамические коэффициенты  $K_\alpha$  различны для кроны и ствола дерева. При расчетах принимают для кроны  $K_\alpha^k = 1,11$ , для ствола  $K_\alpha^c = 0,34$ .

Сила  $P_w$  существенно зависит от геометрических параметров дерева, особенно от площади лобовой поверхности кроны.

В литературе приводятся эмпирические зависимости для определения площади миделевого сечения кроны. Но они не всегда обеспечивают необходимую точность, поскольку деревья произрастают в различных природно-климатических условиях, что влияет на развитие кроны.

Площадь миделевого сечения кроны с достаточной точностью можно найти аналитически, зная уравнение кривой, описывающей контур поверхности кроны дерева. Такое уравнение можно вывести, имея достаточное количество экспериментальных данных для исследуемого района произрастания леса.

Для получения уравнения контура кроны могут применяться различные способы. Надежные данные можно получить, измеряя крону дерева, спиленного с корня. Однако практический интерес вызывает ветровая нагрузка, действующая на растущие деревья. Для измерения размеров крон растущих деревьев могут быть использованы различные высоотомеры. Большую точность и возможность измерить размеры крон многих растущих деревьев с одной станции дает применение геодезических инструментов, в частности теодолита.



Размеры кроны деревьев сосны третьего разряда высот определяли в Бродовском лесхоззаге Львовской области. Крону разбивали на четыре равных (по ширине) участка (см. точки 0, 1, 2, 3, 4 на рисунке) и соответственно этим точкам замеряли ее высоту высотомером Уткина. Число участков может изменяться в зависимости от размеров кроны и точности инструмента.

После обработки экспериментальных данных было получено уравнение контура кроны дерева сосны вида

$$X = a + by + cy^2, \quad (2)$$

где  $a, b, c$  — регрессионные коэффициенты уравнения;  
 $y$  — ордината точки пересечения контура кроны с вертикальной плоскостью секущей ее, м.

Регрессионные коэффициенты уравнения (2) приведены в табл. 1. Имея уравнения кривой (2), определим площадь лобовой поверхности кроны. Так как

$$S_k = \int_0^{H_k} X dy = \int_0^{H_k} (a + by + cy^2) dy,$$

то

$$S_k = aH_k + \frac{1}{2} bH_k^2 + \frac{1}{3} cH_k^3, \quad (3)$$

где  $H_k$  — высота кроны дерева, м.

Площадь лобовой поверхности бессучковой зоны ствола находим как площадь трапеции с основаниями  $D$  (диаметр комля) и  $d$  (диаметр ствола в основании кроны):

$$S_c = \frac{D+d}{2} H_c, \quad (4)$$

где  $H_c$  — высота ствола до основания кроны, м.

Расчетную силу ветрового напора определим по формуле

$$Q_p = 0,5\rho V^2, \quad (5)$$

где  $\rho$  — плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>, при атмосферном давлении  $B_0 = 101,3$  кПа и температуре  $t = 15$  °С,  $\rho = 1,23$  кг/м<sup>3</sup>;

$V$  — скорость воздушного потока, м/с.

Ветровая нагрузка  $P_w$  на дерево состоит из нагрузок, действующих на крону ( $P_w^k$ ) и на бессучковую зону ствола ( $P_w^c$ ). Подставив в выражение (1) зависимости (3), (4) и (5), получим:

$$P_w^k = 0,5\beta\rho V^2 K_a^k \left( aH_k + \frac{1}{2} bH_k^2 + \frac{1}{3} cH_k^3 \right); \quad (6)$$

$$P_w^c = 0,5\beta\rho V^2 K_a^c \frac{D+d}{2} H_c. \quad (7)$$

Следовательно, полная ветровая нагрузка

$$P_w = P_w^k + P_w^c = 0,5\beta\rho V^2 \left[ K_a^k \left( aH_k + \frac{1}{2} bH_k^2 + \frac{1}{3} cH_k^3 \right) + K_a^c \frac{D+d}{2} H_c \right]. \quad (8)$$

Таблица 1

Ступени толщи- ны	Регрессионные коэффициенты		
	$a$	$b$	$c$
IV	1,19	-0,09	-0,1
V	3,09	-1,61	-0,3
VI	3,46	-1,98	-0,2
VII	4,03	-1,84	-0,09
VIII	1,48	-0,08	-0,06
IX	1,50	-0,26	-0,01
X	1,98	-0,07	-0,08
XI	1,99	-0,18	-0,04
XII	5,58	-2,41	0,18
XIII	5,92	-2,69	0,22
XIV	6,03	-2,71	0,23

Представим дерево как балку с одним заземленным концом. Силы, действующие от ветровой нагрузки на лобовые поверхности кроны и бессучковой зоны ствола, разместим в их центрах тяжести.

Запишем выражение для определения центра тяжести площади продольного сечения кроны. С учетом допущения симметричности кроны центр ее тяжести располагается на оси  $Y$ . Координата центра тяжести кроны

$$y_c^k = \frac{S_x}{S_k}, \quad (9)$$

где  $S_x$  — статический момент площади кроны относительно оси  $x$ ,  $\text{м}^3$ ;

$S_k$  — площадь лобовой поверхности кроны,  $\text{м}^2$ .

Статический момент  $S_x$  найдем интегрированием, выразив статический момент элементарной площадки  $Xdy$  (см. рисунок) относительно оси  $X$  через  $Xydy$ :

$$S_x = \int_0^{H_k} Xydy = \int_0^{H_k} (a + by + cy^2) ydy.$$

Отсюда

$$S_x = \frac{aH_k^2}{2} + \frac{bH_k^3}{3} + \frac{cH_k^4}{4}. \quad (10)$$

Подставляя выражения (3) и (10) в (9), после несложных математических преобразований найдем координату  $y_c^k$ :

$$y_c^k = \frac{1}{4} \frac{6a + 4bH_k + 3cH_k^2}{3a/H_k + 1,5b + cH_k}. \quad (11)$$

Координата центра тяжести площади лобовой поверхности бессучковой зоны ствола (как трапеции)

$$y_c^c = \frac{H_c}{3} \frac{D + 2d}{D + d}. \quad (12)$$

Имея все необходимые данные, определим изгибающий момент от сил ветровой нагрузки у комля дерева:

$$M_w = P_w^k (H_c + y_c^k) + P_w^c y_c^c. \quad (13)$$

Используя выражения (6), (7), окончательно получим:

$$M_w = 0,5\beta\rho x V^2 [K_\alpha^k F_k (H_c + y_c^c) + K_\alpha^c F_c y_c^c], \quad (14)$$

где  $\beta$  — коэффициент, учитывающий упругость корневой системы дерева.

Таблица 2

Сила ветра	$P_w$ , Н	$M_w$ , Н·м
Слабый ( $Q_p = 122,5$ Па)	128,5	2 092
Умеренный = 257,8 Па)	270,4	4 404
Свежий ( $Q_p = 441,2$ Па)	462,8	7 535

Коэффициент  $\kappa$  можно приближенно принять равным единице при заготовке леса современными валочными машинами, так как ветровая нагрузка воспринимается не корневой системой дерева, а хвататно-срезающим устройством машины.

Для лесозаготовительных машин наибольшая опасность создается в случае мгновенного нарастания силы ветра, характеризующегося максимальным значением динамического коэффициента порыва  $\beta = 1,91$ . При этом, даже при небольших значениях силы ветрового напора, значение  $P_w$  будет достаточно велико, и им нельзя пренебречь.

На основании изложенного были определены значения  $P_w$  и  $M_w$  для следующих данных: диаметр дерева на высоте груди  $d_{1,3} = 30$  см, высота дерева  $H = 21$  м, ширина кроны  $B = 4$  м,  $H_k = 5$  м,  $\beta = 1$ . Результаты расчетов приведены в табл. 2. Из нее следует, что даже при слабом ветре изгибающий момент достигает значительных величин и способен привести к существенному увеличению нагрузок на рабочие органы лесозаготовительных машин.

Поступила 27 декабря 1989 г.

УДК 629.114.45

## ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ГРУЗОВ ПО БЕЗДОРОЖЬЮ

В. Д. ЕСАФОВ, Н. Н. СМИРНОВ

Архангельский лесотехнический институт

Для перевозки леса в настоящее время применяют колесные, гусеничные или смешанные поезда, включающие в себя тяговые и прицепные единицы. Недостатком таких транспортных систем является ограничение установочной мощности двигателя по сцеплению движителя тяговой машины с дорогой. Например, при движении системы по снежной целине сопротивление движению возрастает, а сцепление колес или гусениц с верхним покрытием трассы резко снижается. При движении по гладкому ледяному покрытию рек и озер использовать снижение сопротивления перемещению транспортной системы не удастся из-за буксования движителя тяговой единицы\*.

Рассмотрим транспортную систему, состоящую из тяговой и прицепной единицы. Сила тяги по сцеплению тягача с дорогой  $P_\varphi$ :

$$P_\varphi = mg\varphi, \quad (1)$$

где  $m$  — масса тяговой единицы;  
 $g$  — ускорение свободного падения;  
 $\varphi$  — коэффициент сцепления движителя тягача с дорогой.

Касательная сила тяги машины по мощности двигателя находится по известной формуле механики

$$P_\tau = \frac{10^3 N_e}{V} \eta_{тр}, \quad (2)$$

где  $N_e$  — эффективная мощность двигателя;  
 $V$  — скорость движения транспортной системы;  
 $\eta_{тр}$  — КПД трансмиссии.

\* Есафов В. Д., Есафова З. Я., Жигалов А. М. Преимущества импульсной транспортной системы при движении по бездорожью // Лесн. журн.— 1987.— № 5.— С. 40—44.— (Изв. высш. учеб. заведений).