

При этом происходит перераспределение нагрузки, что сказывается на напряженно-деформированном состоянии всей конструкции кузова в целом. Одним из наиболее нагруженных элементов является средняя часть верхней обвязки разгруженного борта, где напряжения σ составляют 87,1 МПа. Максимальные напряжения в лонжероне со стороны, противоположной нагрузке, достигают 61,4 МПа, несколько ниже со стороны разгрузки — до 52,2 МПа, в местах соединения боковых вертикальных стоек с верхней обвязкой 70 МПа. Напряженное состояние нижней обвязки борта, относительно которого опрокидывается кузов, по сравнению с транспортным положением изменилось незначительно.

При дальнейшем подъеме кузова масса технологической щепы перемещается к борту, относительно которого происходит опрокидывание. Верхняя обвязка противоположного борта разгружается, максимальные напряжения снижаются от 87,1 до 45,6 МПа. В нижней обвязке они также уменьшаются от 70,2 до 41,4 МПа, в лонжероне от 61,4 до 37,0 МПа. Борт со стороны разгрузки, наоборот, испытывает дополнительное воздействие от массы щепы, что приводит к увеличению его нагруженности. В верхней обвязке максимальные напряжения возрастают от 71,5 до 86,6 МПа, в нижней смещаются из средней части в зоны установки опор.

Проведенные исследования показали, что при разгрузке нагруженность отдельных элементов конструкции кузова на 22...27% выше, чем при движении автощеповоза по гравийной дороге. Следовательно, для всесторонней оценки конструкции кузова автощеповоза необходимо учитывать все характерные воздействия не только при транспортировке, но и при разгрузке щепы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Бате К., Вильсон Е. Численные методы анализа и метод конечных элементов / Пер. с англ.— М.: Стройиздат, 1982.— 447 с. [2]. Жуков А. В., Кадошко Л. И. Основы проектирования специальных лесных машин с учетом их колебаний.— Минск: Наука и техника, 1978.— 264 с. [3]. Зенкол Р. Г. Механика насыпных грузов.— М.: Машиностроение, 1964.— 251 с.

Поступила 12 мая 1993 г.

УДК 630*377.1

К ОБОСНОВАНИЮ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАПАСА УПРАВЛЯЮЩЕГО МОМЕНТА ПРИ НАПРАВЛЕННОЙ ВАЛКЕ ДЕРЕВА

Д. Г. ШИМКОВИЧ

Московский государственный университет леса

Управляющий момент M_y , создаваемый валочным устройством лесозаготовительной машины и обеспечивающий направленную валку дерева, принято записывать в виде [1, 4]

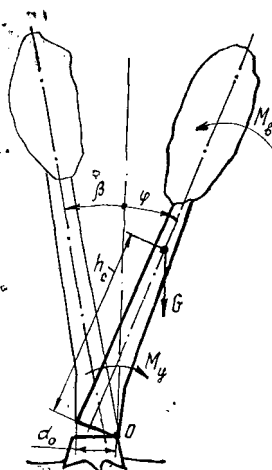
$$M_y = nM_{c0}, \quad (1)$$

где n — коэффициент запаса управляющего момента, $n > 1$; M_{c0} — максимальный момент сопротивления при валке дерева (без учета сопротивления в перемычке недопила),

$$M_{c0} = G \left(\frac{d_0}{2} + h_c \sin \beta \right) + M_b;$$

G , d_0 , h_c , β — соответственно сила тяжести, диаметр в плоскости среза, высота центра тяжести и угол отрицательного наклона расчетного дерева (см. рисунок);

M_b — момент от ветровой нагрузки.



Экспериментально установлено [4], что оптимальные значения угловой скорости ω_0 поворота дерева перед началом его свободного падения (в конце периода работы валочного устройства) составляют 0,10... 0,16 1/с, что обеспечивает направленную валку дерева, без скола у комля. Этот факт можно использовать для определения коэффициента запаса n управляющего момента.

Запишем уравнение поворота дерева относительно перемычки недопила (точка O на рисунке) в процессе работы валочного устройства ($\cos \varphi \approx 1$):

$$I_0 \frac{d^2\varphi}{dt^2} = M_y - G \frac{d_0}{2} + Gh_c \sin \varphi - M_b \quad (2)$$

или

$$I_0 \frac{d^2\varphi}{dt^2} = M_y - \left(G \frac{d_0}{2} + Gh_c \sin \beta + M_b \right) + Gh_c (\sin \varphi + \sin \beta),$$

где I_0 — момент инерции дерева относительно точки O ;

φ — текущий угол поворота дерева, отсчитываемый от вертикали.

Учитывая соотношение (1), а также малость углов φ и β преобразуем последнее уравнение к виду

$$I_0 \frac{d^2\varphi}{dt^2} = M_{c0} (n - 1) + Gh_c (\varphi + \beta). \quad (3)$$

Примем следующую схему валки дерева. В процессе срезания поддерживается минимальный управляющий момент, обеспечивающий беззажимность пиления до некоторой малой величины перемычки недопила без поворота дерева; после этого создается управляющий постоянный момент $M_y = nM_{c0}$ ($n = \text{const}$), под действием которого дерево поворачивается на угол φ_0 начала свободного падения. Момент от ветровой нагрузки в течение указанного периода принимаем постоянным.

Угол φ_0 определяем из формулы (2) при $\frac{d^2\varphi}{dt^2} = 0$ и $M_y = 0$:

$$\sin \varphi_0 = \frac{G \frac{d_0}{2} + M_b}{Gh_c} = \frac{M_{c0} - Gh_c \sin \beta}{Gh_c} = \frac{M_{c0}}{Gh_c} - \sin \beta$$

или (ввиду малости углов φ_0 и β)

$$\varphi_0 = \frac{M_{c0}}{Gh_c} = \beta. \quad (4)$$

Общее решение уравнения (3) имеет вид

$$\varphi = C_1 e^{at} + C_2 e^{-at} - \frac{M_{c0}(n-1)}{Gh_c} - \beta, \quad (5)$$

где $a = \sqrt{\frac{Gh_c}{I_0}}$.

Константы C_1 и C_2 определяются из начальных условий при $t = 0$:

$$\varphi = -\beta; \quad \dot{\varphi} = 0,$$

что дает

$$C_1 = C_2 = \frac{M_{c0}(n-1)}{2Gh_c}.$$

Подставляя выражение для C_1 и C_2 в (5) и переходя к гиперболическим функциям, получаем

$$\varphi = \frac{M_{c0}(n-1)}{Gh_c} (\operatorname{ch} at - 1) - \beta. \quad (6)$$

Из уравнения (6) можно найти время t_0 поворота дерева от угла $\varphi = -\beta$ до $\varphi = \varphi_0 = \frac{M_{c0}}{Gh_c} - \beta$.

Расчетное уравнение имеет вид

$$\frac{M_{c0}}{Gh_c} - \beta = \frac{M_{c0}(n-1)}{Gh_c} (\operatorname{ch} at_0 - 1) - \beta,$$

откуда

$$\operatorname{ch} at_0 = \frac{n}{n-1}. \quad (7)$$

или

$$t_0 = \frac{1}{a} \operatorname{arch} \frac{n}{n-1}.$$

Из (6) находим также угловую скорость дерева в момент t_0 :

$$\omega_0 = \left. \frac{d\varphi}{dt} \right|_{t=t_0} = \frac{M_{c0}(n-1)a}{Gh_c} \operatorname{sh} at_0.$$

Учитывая, что

$$\operatorname{sh} at_0 = \sqrt{\operatorname{ch}^2 at_0 - 1} = \frac{\sqrt{2n-1}}{n-1},$$

получаем

$$\omega_0 = \frac{M_{c0}a\sqrt{2n-1}}{Gh_c}. \quad (8)$$

Отсюда требуемый коэффициент запаса n управляющего момента для сообщения дереву заданной угловой скорости ω_0 перед началом свободного падения ($\varphi = \varphi_0$) равен

$$n = \frac{1}{2} \left[1 + \left(\frac{\omega_0 Gh_c}{a M_{c0}} \right)^2 \right]. \quad (9)$$

Момент M_{c0} — величина случайная, так как зависит от угла β и момента ветровой нагрузки M_B . Соответственно n является случайной функцией $n = f(M_{c0})$ момента M_{c0} .

Обозначая через $\langle M_{c0} \rangle$ и σ_M математическое ожидание и среднее квадратичное отклонение момента M_{c0} , по методу линеаризации [2] находим с помощью (9) математическое ожидание (среднее значение) коэффициента запаса

$$\langle n \rangle = f(\langle M_{c0} \rangle) = \frac{1}{2} \left[1 + \left(\frac{\omega_0 Gh_c}{a \langle M_{c0} \rangle} \right)^2 \right] \quad (10)$$

и его среднее квадратичное отклонение

$$\sigma_n = |f'(\langle M_{c0} \rangle)| \sigma_M = \frac{\sigma_M}{\langle M_{c0} \rangle^3} \left(\frac{\omega_0 G h_c}{a} \right)^2. \quad (11)$$

Если принять, что M_{c0} распределен по нормальному закону и известны его минимальное M_{c0}^{\min} и максимальное M_{c0}^{\max} значения, то числовые характеристики M_{c0} можно оценить по формулам, вытекающим из правила «трех сигм» [2]:

$$\begin{aligned} \langle M_{c0} \rangle &\approx \frac{M_{c0}^{\min} + M_{c0}^{\max}}{2}; \\ \sigma_M &\approx \frac{M_{c0}^{\max} - M_{c0}^{\min}}{6}. \end{aligned} \quad (12)$$

Рассмотрим числовой пример. Параметры расчетного дерева: порода — ель; диаметр дерева на высоте 1,3 м $d = 46$ см, у комля $d_0 = 58$ см; $H = 28$ м; масса дерева $m = 2330$ кг; $I_0 = 0,21mH^2 = 0,21 \cdot 2330 \cdot 28^2 = 3,84 \cdot 10^5$ кг · м²; $h_c = 0,4H = 11,2$ м; $G = 2330 \times 9,81 = 22,9$ кН.

При скорости ветра v , равной 2, 4, 6, 8 и 10 м/с, момент ветровой нагрузки M_v составляет соответственно 1,1; 4,1; 8,6; 14,2 и 20,5 кН · м. Значения момента M_{c0} при β от 0 до 5° и v от 0 до 10 м/с, допускаемых правилами техники безопасности при работе лесозаготовительных машин, приведены в таблице.

v , м/с	Значения M_{c0} , кН · м, при β , град					
	0	1	2	3	4	5
0	6,63	11,1	15,6	20,0	24,5	28,9
2	7,73	12,2	16,7	21,1	25,6	30,0
4	10,70	15,2	19,7	24,1	28,6	33,0
6	15,20	19,7	24,2	28,6	33,2	37,5
8	20,80	25,3	29,8	34,2	38,7	43,2
10	27,10	31,6	36,1	40,5	44,9	49,4

Как видим из таблицы, $M_{c0}^{\min} = 6,63$ кН · м, $M_{c0}^{\max} = 49,4$ кН · м. По формулам (12) вычисляем

$$\langle M_{c0} \rangle = (6,63 + 49,4)/2 = 28,0 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$\sigma_M = (49,4 - 6,63)/6 = 7,1 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

а по формулам (5), (10), (11), принимая $\omega_0 = 0,12$ 1/с; $Gh_c = 22,9 \times 11,2 = 256,5$ кН · м, находим

$$a = \sqrt{\frac{Gh_c}{I_0}} = \sqrt{\frac{256,5 \cdot 10^3}{3,84 \cdot 10^5}} = 0,817 \text{ 1/с};$$

$$\langle n \rangle = \frac{1}{2} \left[1 + \left(\frac{0,12 \cdot 256,5}{0,817 \cdot 28,0} \right)^2 \right] = 1,40;$$

$$\sigma_n = \frac{7,1}{28,0^3} \left(\frac{0,12 \cdot 256,5}{0,817} \right)^2 = 0,46.$$

Таким образом, для обеспечения с вероятностью 0,5 направленной валки расчетного дерева с угловой скоростью $\omega_0 = 0,12$ 1/с в указанных условиях (β до 5°, v до 10 м/с) требуется управляющий момент валочного устройства

$$M_y = \langle n \rangle \langle M_{c0} \rangle = 1,4 \cdot 28,0 = 39,2 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Момент сопротивления перемычки недопила $M_{\text{пер}}$ можно рассчитать по формулам, приведенным в [4, 5] или увеличить коэффициент зазора $\langle n \rangle$ на 0,10... 0,15, поскольку $M_{\text{пер}} \approx (0,10... 0,15) M_{c0}$ [3].

Из формулы (8) следует, что в случае $M_y = \text{const}$ ($n = \text{const} \geq 1$) скорость ω_0 при $\varphi = \varphi_0$ не может быть меньше предельного значения $\omega_{0 \text{ lim}}$, соответствующего $M_y = M_{c0}$ ($n = 1$): $\omega_{0 \text{ lim}} = M_{c0} a / (Gh_c)$. Так, для рассмотренного примера при $M_{c0} = 28,0 \text{ кН} \cdot \text{м}$

$$\omega_0 \geq \omega_{0 \text{ lim}} = \frac{M_{c0} a}{Gh_c} = \frac{28,0 \cdot 0,817}{256,5} = 0,089 \text{ 1/с.}$$

Существование минимального значения угловой скорости дерева $\omega_{0 \text{ lim}}$ при $M_y = \text{const} = M_{c0}$ объясняется тем, что в процессе поворота дерева момент сопротивления с ростом угла φ уменьшается по сравнению с M_{c0} , а $M_y = \text{const}$; работа разности этих моментов идет на сообщение кинетической энергии дереву.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Баринов К. М., Александров В. А. Проектирование лесопромышленного оборудования: Учеб. пособие.— Л.: Изд-во ЛГУ, 1988.— 240 с. [2]. Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения.— М.: Наука, 1988.— 480 с. [3]. Кочегаров В. Г., Бит Ю. А., Меньшиков В. М. Технология и машины лесосечных работ.— М.: Лесн. пром-сть, 1990.— 392 с. [4]. Люманов Р. Машинная валка леса.— М.: Лесн. пром-сть, 1990.— 280 с. [5]. Полицук А. П. Валка леса.— М.: Лесн. пром-сть, 1964.— 232 с.

Поступила 12 апреля 1993 г.

УДК 630*37 : 630*383

ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ ЛЕСНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ С УЧЕТОМ ПРИНЦИПОВ РАЦИОНАЛЬНОГО ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ

Р. Н. КОВАЛЕВ

С.-Петербургская лесотехническая академия

Лесное хозяйство — это большая система, в которой тесно взаимосвязаны все элементы. Одним из них является транспортная система лесного предприятия (ТСП). При частном решении ее необходимо знать прямые и косвенные, близкие по времени и отдаленные последствия для основного лесохозяйственного производства.

Ранее, на основе принятой у нас сугубо сырьевой направленности лесопользования, лесные дороги проектировали в основном в расчете на освоение лесных массивов с приспевающими и спелыми насаждениями, без учета уровня систем лесное хозяйство — природопользование. При обосновании эффективности проектных решений превалировал технико-экономический подход, при котором за основной показатель принимали минимум приведенных капитальных и эксплуатационных затрат на вывозке леса. Такой подход привел к неоправданным экономическим потерям, не говоря уже об экологических. Лесная отрасль столкнулась сейчас с кризисной ситуацией, проявляющейся в необходимости резкого наращивания темпов дорожного строительства для вовлечения в хозяйственный оборот по промежуточному использованию насаждений I—IV классов возраста. Нарастают диспропорции между новым тяжелым подвижным составом и техническим уровнем существующих дорог, ростом средних расстояний и неравномерности вывозки леса и др.