

Рис. 2. Зависимости и некоторые частные примеры определения направления магистральной.

a — зависимость комплексного коэффициента A от срока действия магистральной в данной полосе лесного массива; $1 - Q_r = 450$ тыс. m^3 ; $2 - Q_r = 300$ тыс. m^3 ; $3 - Q_r = 150$ тыс. m^3 ; *b* — зависимость предельного значения координаты $x_{пр}$ точки B от ширины полосы; $1 - A = 1,75 \times 10^{-5}$; $2 - A = 3,5 \cdot 10^{-5}$; $3 - A = 7,0 \cdot 10^{-5}$; *в* — пример назначения направления магистральной при ширине полос *в тах*, определяемой по формуле (10); *г* — возможный вариант направления магистральной $OAB'C$ с ответвлением AD для лесных массивов со сложной конфигурацией границ и весьма неравномерным размещением запасов леса.

На рис. 2, *a* представлена зависимость $A = f(n)$ для лесовозной дороги с гравийной дорожной одеждой при $C_m = 30\,000$ р.; $k_m = 0,05$ р./($m^3 \cdot km$); $k_b = 0,09$ р./($m^3 \cdot km$); а на рис. 2, *b* — зависимость $x_{пр} = f(b)$ для трех пространственных значений A .

С учетом того, что при размещении веток в лесном массиве эксплуатационная площадь последнего разделяется на отдельные зоны тяготения к веткам, ширину каждой полосы целесообразно принимать равной оптимальному расстоянию между ветками у мест их примыкания к магистральной. Таким образом,

$$b = \sqrt{\frac{C_b - C_{ус}}{30\gamma b_{ус}}}, \quad (9)$$

где C_b — стоимость постройки и содержания (за срок службы) 1 км головного участка ветки, р./км;

$C_{ус}$ — стоимость постройки и содержания 1 км уса, р./км;

$b_{ус}$ — стоимость пробега леса по усу, р./($m^3 \cdot km$).

Из формулы (7) и рис. 2, *b* видно, что координата $x_{пр} = 0$ при

УДК 674.05:534.1

ВЛИЯНИЕ ДВОЙКОГО ИЗМЕНЕНИЯ РЕАКЦИИ БРЕВНА НА УГЛОВЫЕ ОТКЛОНЕНИЯ ТОРЦОВОЙ ПЛОСКОСТИ ФРЕЗЫ

Т. П. СТУКОВА, И. А. ПОПОВА

Архангельский лесотехнический институт

Внешней силой, вызывающей отклонения торцовой плоскости фрезы, является реакция бревна, равная по модулю осевой силе:

$$\bar{Q}_{бр}(t) = -\bar{Q}_{ос}(t).$$

По отношению к неподвижной системе отсчета C_{x,y,z_1} реакция бревна $Q_{бр}(t)$ при вращении фрезы перемещается в пространстве по дуге AKB (рис. 1), принимая различные значения, соответствующие толщине срезаемого в данный момент слоя. Чтобы учесть двойкое изменение реакции $Q_{бр}(t)$ при вычислении угловых отклонений торцовой плоскости фрезы [3], реакцию $Q_{бр}(t)$ привели к точке K , соответствующей максимальному значению силы $Q_{бр}(t)$ [2]. При этом получено, что реакция бревна в пространстве не перемещается, приложена в точке K , имеет постоянное направление, но изменяется по модулю. Одновременно добавляется пара сил с моментом, равным моменту силы $Q_{бр}(t)$ относительно центра приведения (точки K).

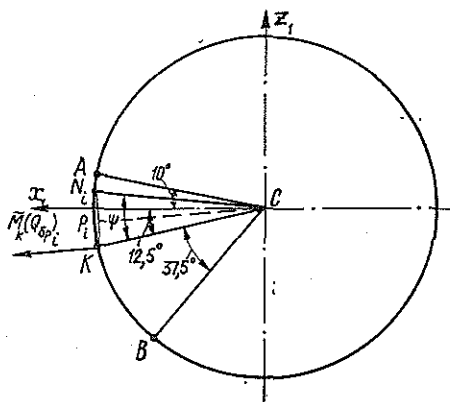


Рис. 1. Сечение фрезы плоскостью среднего радиуса.
 АКВ — зона резания, соответствующая центральному углу 60°.

Влияние реакции бревна $Q_{бр}(t)$ на угловые повороты фрезы рассмотрено нами в работе [3].

Исследуем влияние на угловые повороты фрезы момента силы $Q_{бр}(t)$ относительно точки K , вычисляемого по формуле:

$$M_K(Q_{брi}) = Q_{бр}(t)_i p_i,$$

где $Q_{бр}(t)_i$ — величина реакции бревна в точке N_i зоны резания AKB ;

p_i — плечо силы, т. е. перпендикуляр, опущенный из точки K на линию действия реакции бревна в точке N_i ;

N_i — точка зоны резания, соответствующая углу ACN_i (рис. 1); i изменяется от 1 до 25.

В таблице приведены значения угла ACN_i , сил $Q_{бр}(t)_i$, соответствующих точкам N_i на дуге AKB (рис. 1), взятых с интервалом в 2,5°.

Плечо p_i вычисляли по формуле

$$p_i = 2R \sin \frac{\psi_i}{2}.$$

Угол $\angle ACN_P$ град	$Q_{бр} (t)_P$ Н	$\frac{\psi_i}{2}$, град	p_i , м	$M_K (Q_{бр_i})$, Нм	φ_i , град	M_{x_1} , Нм	M_{z_1} , Нм
0	0	11,25	0,12954	0	1,25	0	0
2,5	1227,0	10,00	0,11530	141,410	2,50	141,345	-6,1710
5,0	2886,5	8,00	0,10100	291,560	3,25	290,936	-19,0640
7,5	4015,8	7,50	0,08670	349,050	5,00	346,726	-30,3340
10,0	5317,3	6,25	0,07229	384,370	6,25	382,085	-41,8450
12,5	6246,9	5,00	0,05900	361,520	7,50	358,427	-47,1880
15,0	7053,0	3,75	0,04343	306,295	8,75	302,730	-46,5940
17,5	7474,0	2,50	0,02896	216,470	10,00	213,181	-37,5896
20,0	7704,0	1,25	0,01449	111,590	11,25	109,446	-21,7700
22,5	7942,0	0	0	0	12,50	0	0
25,0	7921,0	1,25	0,01449	-114,740	13,75	-111,450	27,2720
27,5	7808,0	2,50	0,02896	-226,140	15,00	-218,434	58,2930
30,0	7487,0	3,75	0,04343	-325,140	16,25	-312,151	90,9840
32,5	7027,0	5,00	0,05900	-406,660	17,50	-387,839	122,2850
35,0	6511,0	6,25	0,07229	-470,660	18,75	-445,682	151,2880
37,5	5800,0	7,50	0,08670	-520,680	20,00	-489,279	178,0830
40,0	5425,0	8,75	0,10100	-547,980	21,25	-510,722	198,6090
42,5	4573,0	10,00	0,11530	-527,280	22,50	-487,143	201,1810
45,0	3798,0	11,25	0,12953	-491,990	23,25	-450,324	198,1470
47,5	3123,0	12,50	0,14372	-448,825	25,00	-406,774	189,6860
50,0	2550,0	13,75	0,15782	-402,450	26,25	-360,166	200,2650
52,5	1673,0	15,00	0,17855	-287,520	27,50	-255,028	132,7590
55,0	1247,0	16,25	0,18580	-231,700	28,75	-203,138	111,4450
57,5	334,0	17,50	0,19967	-66,690	30,00	-55,755	33,3450
60,0	0	18,75	0,21344	0	31,25	0	0

Здесь ψ_i — центральный угол, соответствующий плечу (хорде)
 p_i (рис. 1);

R — средний радиус фрезы (0,322 м).

В таблице представлены также значения $\psi_i/2$, p_i , $M_K (Q_{бр_i})$, φ_i , проекций момента $\bar{M}_K (Q_{бр_i})$ на оси x_1 и z_1 .

Момент реакции бревна относительно точки K расположен в плоскости x_1Cz_1 и имеет направление перпендикуляра из точки C на плечо p_i . На участке AK момент $M_K (Q_{бр_i})$ направлен от центра C , на участке KB — к центру C .

Проекции $\bar{M}_K Q_{бр_i}$ на неподвижные координатные оси x_1 и z_1 вычислены по следующим формулам:
на участке AK

$$M_{x_1} = M_K (Q_{бр_i}) \cos \varphi_i;$$

$$M_{z_1} = -M_K (Q_{бр_i}) \sin \varphi_i;$$

на участке KB

$$M_{x_1} = -M_K (Q_{бр_i}) \cos \varphi_i;$$

$$M_{z_1} = M_K (Q_{бр_i}) \sin \varphi_i,$$

где φ_i — угол наклона $M_K (Q_{бр_i})$ к оси x_1 ;

на участке AK

$$\varphi_i = 12,5 - \frac{\psi_i}{2};$$

на участке KB

$$\varphi_i = 12,5 + \frac{\psi_i}{2}.$$

Разложим M_{x_1} и M_{z_1} в ряд Фурье по синусам [1]

$$M_{x_1} = \sum_{k=1}^{25} b_k \sin kpt;$$

$$M_{z_1} = \sum_{k=1}^{25} b'_k \sin kpt.$$

(Число членов ряда равно числу точек N_i зоны резания; $k = i$).

Дифференциальные уравнения движения ротора (фрезы) с упругим валом примут вид [3]

$$\left. \begin{aligned} \ddot{\beta} - \frac{H}{A} \dot{\alpha} + \frac{c}{A} \beta &= \frac{1}{A} \sum_{k=1}^{25} b_k \sin kpt; \\ \ddot{\alpha} + \frac{H}{A} \dot{\beta} + \frac{c}{A} \alpha &= \frac{1}{A} \sum_{k=1}^{25} b'_k \sin kpt. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Условные обозначения те же, что и в работе [3].

Частные решения системы неоднородных уравнений (1)

$$\beta = \sum_{k=1}^{25} \beta_k; \quad \alpha = \sum_{k=1}^{25} \alpha_k,$$

где β_k, α_k — частные решения, соответствующие членам ряда, стоящим под знаком суммы в выражениях (1):

$$\left. \begin{aligned} \beta_k &= B_k \sin kpt + D_k \cos kpt; \\ \alpha_k &= N_k \sin kpt + F_k \cos kpt. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Здесь B_k, D_k, N_k, F_k — постоянные, для определения которых получена система четырех уравнений, аналогичных выражениям (17) работы [3].

Решение этих уравнений приводит к следующим выражениям для постоянных:

$$\begin{aligned} B_k &= -\frac{-b_k + HkpF_k}{A\left(\frac{c}{A} - k^2p^2\right)}; \\ D_k &= \frac{b'_k Hkp}{A^2\left(\frac{c}{A} - k^2p^2\right)^2 - H^2k^2p^2}; \\ N_k &= -\frac{-b'_k + HkpD_k}{A\left(\frac{c}{A} - k^2p^2\right)}; \\ F_k &= -\frac{b_k Hkp}{A^2\left(\frac{c}{A} - k^2p^2\right)^2 - H^2k^2p^2}. \end{aligned}$$

Амплитуды A и сдвиги фаз ϵ вычисляются по формулам [2]

$$\begin{aligned} A_{\beta_k} &= \sqrt{B_k^2 + D_k^2}; \quad \text{tg } \epsilon_{\beta_k} = -\frac{D_k}{B_k}; \\ A_{\alpha_k} &= \sqrt{N_k^2 + F_k^2}; \quad \text{tg } \epsilon_{\alpha_k} = -\frac{F_k}{N_k}. \end{aligned}$$

Значения $B_k, D_k, N_k, F_k, A_{\beta_k}, A_{\alpha_k}, \epsilon_{\beta_k}, \epsilon_{\alpha_k}$ вычислены на ЭВМ для индексов k , меняющихся от 1 до 25.

Просуммируем соответственно ординаты α_k и β_k в точках, отстоящих по оси абсцисс на расстояниях, равных одной двадцатой периода. По полученным значениям $\alpha = \Sigma \alpha_k$ и $\beta = \Sigma \beta_k$ строим графики изменения углов α и β во времени (рис. 2).

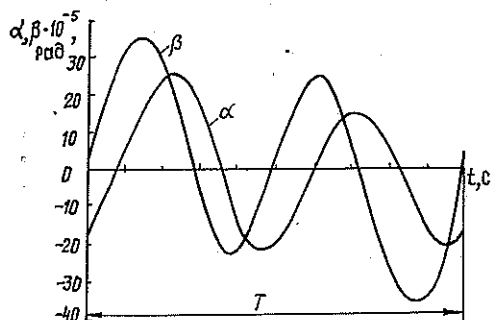


Рис. 2. Графики изменения углов μ и β во времени за время действия силы Q_{6p}

Горизонтальные отклонения сечения ножа плоскостью среднего радиуса фрезы:

$$h_{y(\alpha)}^{max} = \alpha_{max} R = 23,9 \cdot 10^{-5} \cdot 0,322 \cdot 10^6 = 76,958 \text{ мкм};$$

$$h_{y(\beta)}^{max} = \beta_{max} R = 36,9 \cdot 10^{-5} \cdot 0,322 \cdot 10^6 = 118,818 \text{ мкм}.$$

Отклонения, вызванные реакцией $Q_{6p}(t)$, вычислены в работе [3]. Суммарные отклонения, вызванные реакцией бревна $Q_{6p}(t)$ и моментом реакции относительно точки К, имеют следующие значения:

$$\Sigma h_{y(\alpha)} = 550,00 + 76,96 = 626,96 \text{ мкм};$$

$$\Sigma h_{y(\beta)} = 309,40 + 118,82 = 428,22 \text{ мкм}.$$

Следовательно, и реакция бревна $Q_{6p}(t)$, и момент реакции относительно центра приведения значительно влияют на величину суммарного отклонения плоскости среднего радиуса фрезы.

Методика исследования угловых отклонений ротора (диска, фрезы), приведенная нами в работе [3] и данной статье, учитывает влияние упругих и инерционных свойств механических систем, подвижный характер внешней возмущающей силы, несбалансированность ротора и гироскопический эффект при различных режимах эксплуатации.

Применение предлагаемой методики позволит сравнивать между собой различные конструктивные варианты при определенных эксплуатационных режимах и выбирать лучшие решения с точки зрения технологической точности.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Демидович Б. П., Марон И. А., Шувалов Э. З. Численные методы анализа.— М.: Физматгиз, 1963. [2]. Доброзравов В. В., Никитин Н. Н., Дворников А. Л. Курс теоретической механики.— М.: Высш. школа, 1974. [3]. Стукова Т. П., Попова И. А., Душкин В. П. Движение неуравновешенного ротора под действием внешней возмущающей силы.— Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1984, № 5, с. 57—65.

Поступила 28 февраля 1985 г.