

МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ЛЕСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

УДК 634*0*30*

Л.И. ГУЛЬКО, канд.техн.наук (ЦНИИМЭ),
Л.М. КИТАЙНИК, канд.техн.наук (ЦНИИМЭ),
Ю.Н. ПЕРЕЛЬМУТЕР, канд.техн.наук (ЦНИИМЭ)

ОБ УСТОЙЧИВОСТИ БЕСФУНДАМЕНТНО-БЛОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ВИБРАЦИОННЫХ И УДАРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Одним из перспективных направлений развития лесозаготовительного производства является создание лесоскладских технологических комплексов на базе бесфундаментно-блочного оборудования. При этом значительно сокращаются сроки проведения строительно-монтажных работ, улучшаются технико-экономические показатели и обеспечивается высокая технологическая мобильность.

Для обоснования параметров бесфундаментно-блочного оборудования весьма актуальны исследования его устойчивости. Нарушение устойчивости положения оборудования может происходить за счет вибрационных воздействий (неуравновешенные массы вращающихся частей, периодическое взаимодействие рабочих органов с объектами производства и т.д.) или ударных нагрузок (взаимодействие с подъемно-транспортными механизмами и объектами производства). В связи с этим возникают две основные задачи анализа устойчивости: автономного бесфундаментного блока (единицы оборудования) и системы взаимосвязанных блоков (потока, линии). В настоящей работе рассматривается первая из этих задач.

В качестве модели бесфундаментного блока, подверженного воздействию вибрационных и ударных нагрузок, примем тяжелую материальную точку массы m , расположенную на шероховатой поверхности со статическим коэффициентом трения μ ; на точку действует периодическая нагрузка с горизонтальной составляющей $P \cos \omega t$ и вертикальной составляющей $Q \cos(\omega t + \varepsilon)$; $P, Q \geq 0$; ось ординат противоположна направлению силы тяжести mg ; без потери общности предполагается $\varepsilon \in [0; \frac{\pi}{2}]$. Считается выполненным очевидное необходимое условие устойчивости $Q < mg$.

Для того чтобы при постоянно действующих вибрационных нагрузках сохранялась устойчивость положения материальной точки, необходимо выполнение условия

$$|P \cos \omega t| \leq \mu [mg - Q \cos(\omega t + \varepsilon)], \quad (1)$$

эквивалентного условию

$$R^+ \leq \kappa \operatorname{tg} \varepsilon, \quad (2)$$

где $R^+ = \sqrt{P^2 + \kappa^2 Q^2 + 2\kappa PQ \cos \varepsilon}$.

Введем безразмерные переменные $x = P/(mg)$, $y = Q/(mg)$. В координатной плоскости XOY условие устойчивости выполняется во внутренней части и на границе эллипса с центром в начале координат и с полуосями

$$a(x, \varepsilon) = \frac{\kappa \sqrt{2}}{\sqrt{1+\kappa^2 + \operatorname{sign}(1-\kappa) \cdot \sqrt{(1+\kappa^2)^2 + 4\kappa^2 (\cos^2 \varepsilon - 1)}}}; \quad (3)$$

$$b(x, \varepsilon) = \frac{\kappa \sqrt{2}}{\sqrt{1+\kappa^2 - \operatorname{sign}(1-\kappa) \cdot \sqrt{(1+\kappa^2)^2 + 4\kappa^2 (\cos^2 \varepsilon - 1)}}}, \quad (4)$$

причем полуось (3) повернута относительно оси абсцисс на угол

$$\varphi(x, \varepsilon) = \frac{1}{2} \operatorname{arctg} \frac{2\kappa \cos \varepsilon}{1-\kappa^2}. \quad (5)$$

Это параметрическое семейство эллипсов при $\varepsilon = 0$ вырождается в полосу между прямыми

$$y = \pm 1 - \frac{1}{\kappa} x, \quad (6)$$

а при $\varepsilon = \frac{\pi}{2}$ дает эллипс

$$\frac{x^2}{\kappa^2} + y^2 = 1 \quad (7)$$

с полуосями $a(x, \frac{\pi}{2}) = \kappa$, $b(x, \frac{\pi}{2}) = 1$, лежащими на координатных осях; кроме того, при любом $\varepsilon \in [0; \frac{\pi}{2}]$ соответствующий эллипс проходит

Т а б л и ц а 1. Максимальные допустимые значения горизонтальной составляющей

Наименование установки, масса, т	Сдвиг фаз ε	Коэффициент тре-		
		0,2-0,4		
		$a = Q/P$		
		0,3	1,0	3,0
ЛО-67 (пильный механизм), $m = 6,1$	0	21,54	17,35	10,77
	$\frac{\pi}{2}$	23,94	22,14	15,56
ЛО-67 (загрузочное устройство), $m = 3,7$	0	13,06	10,52	6,53
	$\frac{\pi}{2}$	14,52	13,43	9,44
Торцевыравнивающее устройство ВКНИИВОЛТ, $m = 5,0$	0	17,66	14,22	8,83
	$\frac{\pi}{2}$	19,62	18,15	12,75

через точки $(\pm \varkappa \varepsilon ; 0)$; $(0; \pm 1)$. В пересечении с первой координатной четвертью ($x \geq 0, y \geq 0$) границы области устойчивости образуют семейство дуг эллипсов, заполняющих сегмент эллипса (7) с хордой (6) (рис. 1). Тем самым оценка устойчивости бесфундаментного блока при вибрационных возмущениях зависит от сдвига фаз ε между составляющими P и Q в пределах от "жесткой" оценки $P + \varkappa Q \leq \varkappa mg$ при $\varepsilon = 0$ до "ослабленной" оценки $P^2 + \varkappa^2 Q^2 \leq (\varkappa mg)^2$ при $\varepsilon = \frac{\pi}{2}$.

Иначе говоря, возможность управления сдвигом фаз позволяет повышать пределы допустимых возмущений; при этом максимальное отношение нагрузок, допустимых при $\varepsilon = \frac{\pi}{2}$ и $\varepsilon = 0$, достигается при

$Q/P = \varkappa^2$ и составляет $(\varkappa + 1) / \sqrt{1 + \varkappa^2}$, а например, при изменении Q/P в пределах 0,3–3,0 и \varkappa в пределах 0,3–0,8 допустимое увеличение нагрузок (т.е. обеих величин P, Q), не нарушающих устойчивости положения бесфундаментного блока, при изменении ε от 0 до $\frac{\pi}{2}$ составляет 8,5–41,2%.

В табл. 1 приведены максимальные допустимые значения горизонтальной составляющей вибрационной нагрузки, не нарушающие устойчивости положения бесфундаментного блока, для торцевывравнивающего уст-

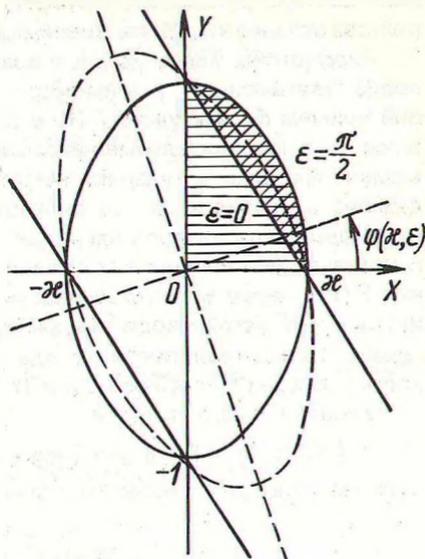


Рис. 1. Области устойчивости при наличии вибрационных воздействий.

вибрационной нагрузки (кН)

ния \varkappa					
0,4–0,6			0,6–0,8		
$a = Q/P$			$a = Q/P$		
0,3	1,0	3,0	0,3	1,0	3,0
30,51	22,74	12,57	38,90	26,33	14,36
35,30	30,52	17,35	46,68	37,10	18,55
18,51	13,79	7,62	23,59	15,97	8,71
21,41	18,51	10,52	28,31	22,50	11,25
25,02	18,64	10,39	31,88	21,58	11,77
28,94	25,02	14,22	38,26	30,41	15,21

ройства конструкции ВКНИИВОЛТ, пильного механизма и загрузочного устройства установки для пачковой разделки долготья ЛО-67.

Рассмотрим далее ударные воздействия, предполагая выполненным условие "статической" устойчивости (2). В качестве модели ударных воздействий примем форму удара $F(t)$ в виде простейшего меандра высоты F и ширины τ ; положительные направления F и P совпадают. Будем считать, что момент приложения ударной нагрузки случаен и имеет равномерное распределение на периоде $2\pi/\omega$ вибрационных нагрузок. Возможны три исхода взаимодействия ударной нагрузки с рассматриваемой материальной точкой: сохранение устойчивости положения точки независимо от момента приложения $F(t)$; нарушение устойчивости вне зависимости от этого момента; "стохастическая" устойчивость (в зависимости от момента приложения). Обобщающей характеристикой исхода такого взаимодействия является вероятность нарушения устойчивости $\mu(F, \tau)$.

Условие неустойчивости

$$|P \cos \omega t + F(t)| > \varkappa [mg - Q \cos(\omega t + \varepsilon)] \quad (8)$$

эквивалентно двум системам неравенств:

$$\text{при } F \geq 0 \quad \begin{cases} \cos \omega t \geq -\frac{F}{P}; \\ \cos(\omega t + \psi) > \frac{\varkappa mg - F}{R^+}, \end{cases} \quad (9)$$

$$\text{при } F < 0 \quad \begin{cases} \cos \omega t < -\frac{F}{P}; \\ \cos(\omega t + \varkappa) > \frac{\varkappa mg + F}{R^-}, \end{cases} \quad (10)$$

где $R^+ = \sqrt{P^2 + \varkappa^2 Q^2 - 2\varkappa PQ \cos \varepsilon}$;

$$\psi = \arccos \frac{\varkappa Q \cos \varepsilon + P}{R^+};$$

$$\varkappa = \arccos \frac{\varkappa Q \cos \varepsilon - P}{R^-}$$

(остальные случаи раскрытия знака абсолютной величины в (8) могут быть опущены из-за "статической" устойчивости; отметим, что выражения, стоящие под знаком \arccos , находятся в пределах $[-1; 1]$).

На рис. 2 приведены графики зависимостей $\mu = \mu(x, \tau)$, где $x = F/P$, при $\varepsilon = 0$; $\frac{\pi}{2}$ и $\tau = \pi / (2\omega)$; $\tau \geq \pi/\omega$ в предположении, что $\varkappa = 0,3$ (3), $a = Q/P = 3$, $P = 0,1$ мг. Эти зависимости очерчивают, как и контур сегмента эллипса на рис. 1, границу области вероятностей для всех $\varepsilon \in [0; \frac{\pi}{2}]$ (на рис. 2 заштрихована). Отметим, что при $\varepsilon = \pi/2$ функция $\mu(x, \tau)$ четна, т.е. вероятность нарушения устойчивости положения точки не зависит от знака F , а при $\varepsilon = 0$ наблюдается весьма существенная асимметрия (так, для принятых значений параметров $\varkappa, a, P/(mg)$ предельное значение $|F|$ с $\mu = 0$

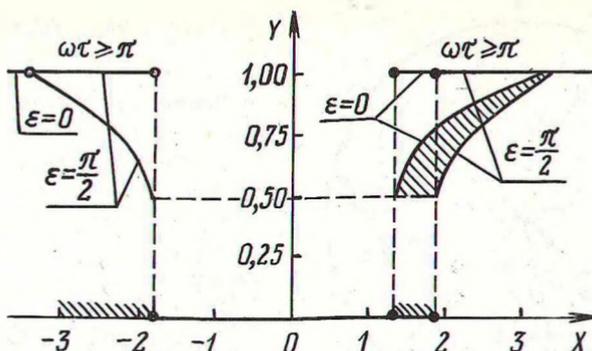


Рис. 2. Зависимость вероятности нарушения устойчивости положения блока от величины ударного воздействия.

при $F < 0$ в 2,5 раза превышает предельное значение при $F > 0$). Кроме того, при относительно высоких частотах колебаний ($\omega \geq \pi/\tau$). Функция $\mu(F, \tau)$ меняется скачком от 0 до 1, что указывает на необходимость соблюдения при этих частотах условия "стопроцентной" устойчивости

$$\max |F| \leq \max \{ |F| \mid \mu(F, \tau) = 0 \}.$$

Полученные аналитические зависимости позволяют оценить устойчивость положения автономного бесфундаментного блока при вибрационных воздействиях и ударных нагрузках.

УДК 634.0.36

В.А. ДОБРОВОЛЬСКИЙ, ассистент (БТИ)

КИНЕМАТИКА РАСКРЯЖЕВОЧНОГО СТАНКА АЦ-3С

Многие параметры, обеспечивающие работоспособность станка, должны задаваться с учетом его кинематики. В особенности это касается системы надвигания пильного диска раскряжевочного станка, значительно влияющей на нагруженность и производительность последнего.

Предельно возможная сила P_H , развиваемая гидроцилиндром надвигания, определяется следующим образом:

$$P_H = P \Omega \sin \beta, \quad (1)$$

где P — давление в гидросистеме надвигания пильного диска; Ω — площадь поршня; β — угол между направлением действия сил от гидроцилиндра и продольной осью маятника, зависящий от кинематики пиления.

Сила надвигания в значительной степени определяется величиной силы отжима P_O , равной

$$P_O = a_o P_p, \quad (2)$$