

Здесь

 $W$  — вероятность выполнения неравенства, заключенного в скобки; $b$  — контрольный параметр; $b_0$  — номинальное значение контрольного параметра; $D$  — максимально допустимое относительное отклонение параметра  $b$  от его номинального значения  $b_0$ ;

$$\Phi(x) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-t^2/2} dt \text{ — интеграл вероятности;}$$

 $b_m$  — математическое ожидание; $\sigma_b^2$  — дисперсия.

Коэффициент усиления вынуждающей силы

$$\mu = m_i A_i \omega^2 / P, \quad (21)$$

где

 $m_i$  — рабочая масса; $A_i$  — амплитуда заданных гармонических колебаний; $\omega$  — частота; $P$  — амплитуда вынуждающей силы.

Итак, в зависимости от выбора выходных параметров вибровозбудителя, связанных с повышением технических характеристик оборудования и стойкости режущего инструмента, механические вибраторы данной конструкции можно широко применять на различных технологических операциях. При создании механических вибраторов основой проектирования является построение динамической модели вибровозбудителя и ее синтез с применением данной методики расчета и последующим обоснованием параметров ударно-вибрационного устройства таким образом, чтобы обеспечивались максимальные ударные скорости, надежность и долговечность элементов всей конструкции, включая передаточные механизмы и муфты режущих инструментов.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. с. 1187934 СССР, МКИ В 23С 9/00. Привод шпинделя вибрационного резания к фрезерному станку / Н. В. Соколов, А. Д. Кучерявенко, С. И. Красюк и др. (СССР).— 3749050/25—08; Заявлено 04.06.84; Опубл. 30.10.85, Бюл. № 40 // Открытия. Изобретения.— 1985.— № 40.— С. 96. [2]. Быховский И. И. Основы теории вибрационной техники.— М.: Машиностроение, 1969.— 362 с. [3]. Вибрации в технике. / Под ред. Э. Э. Лавендела.— М.: Машиностроение, 1981.— Т. 4.— 509 с. [4]. Подураев В. Н. Вибрационное резание.— М.: Машиностроение, 1967.— 350 с.

Поступила 31 марта 1987 г.

УДК 539.3

## УСТОЙЧИВОСТЬ ПЛОСКИХ ДЕТАЛЕЙ ИЗ НЕПРЕРЫВНО-НЕОДНОРОДНОЙ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

В. Е. ЮРИНЕЦ

Львовский государственный университет

Детали из модифицированной древесины находят применение в различных конструкциях. В процессе формирования или при эксплуатации таких деталей может возникнуть неоднородность их упругих

свойств. Это скажется на прочностных качествах деталей и может повлиять на несущую способность всей конструкции.

В данной работе рассмотрена устойчивость плоской детали из модифицированной древесины под воздействием нагрузки, приложенной по ее контуру.

Деталь принимали в виде непрерывно-неоднородной ортотропной пластины, упругие характеристики которой меняются по глубине, а именно:

$$E_1 = E_1^0 \exp[-f(y)]; \quad E_2 = E_2^0 \exp[-f(y)]; \quad G = G^0 \exp[-f(y)], \quad (1)$$

где  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $G$  — соответственно модули упругости и модуль сдвига;  $f(y)$  — произвольная функция, характеризующая степень неоднородности материала [2].

Единственная и устойчивая форма равновесия, соответствующая достаточно малым нагрузкам, характеризуется тем, что срединная поверхность пластины остается плоской. Если увеличивать нагрузку, то может наступить такой момент, когда основная форма равновесия перестанет быть единственной и устойчивой. Плоская форма становится неустойчивой, и пластина под действием самого незначительного поперечного усилия, перейдет от неустойчивой формы к устойчивой с искривлением срединной поверхности. Потеря устойчивости плоской формы в большинстве случаев нежелательна и может привести к разрушению конструкции.

Для определения критических нормальных  $T_x$ ,  $T_y$  и касательных  $S_{xy}$  нагрузок решим дифференциальное уравнение функции прогибов  $w(x, y)$ :

$$\begin{aligned} \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} - 2f_y \frac{\partial^3 w}{\partial y^3} + (f_y^2 - f_{yy} - \eta T_y) \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + 2p_0^2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} - 2p_0^2 f_y \frac{\partial^3 w}{\partial x^2 \partial y} - \\ - 2\eta S_{xy} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + p_0^4 \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + [\nu_1 (f_y^2 - f_{yy}) - \eta T_x] \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = 0, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $\nu_1$ ,  $\nu_2$  — коэффициенты Пуассона;

$2h$  — толщина пластины;

$$\eta = \frac{3(1 - \nu_1 \nu_2)}{2h^3 E_2^0}; \quad f_y = \frac{df}{dy}; \quad f_{yy} = \frac{d^2 f}{dy^2}; \quad p_0^2 = \frac{E_1^0}{E_2^0}. \quad (3)$$

Решение уравнения (2) можно представить в виде [1]

$$w(x, y) = \sum_{k=1}^{\infty} w_k(y) \sin \frac{k\pi x}{l_1}. \quad (4)$$

Здесь  $l_1$  — длина пластины.

Подставляя выражение (4) в уравнение (2) и разлагая дифференциальный оператор на множители, функцию  $w_k(y)$  найдем из уравнения:

$$\frac{d^2 w_k}{dy^2} + \gamma(y) \frac{dw_k}{dy} + \delta(y) w_k = w_0, \quad (5)$$

где  $w_0$  — общее решение уравнения

$$\frac{d^2 w_0}{dy^2} + \alpha(y) \frac{dw_0}{dy} + \beta(y) w_0 = 0. \quad (6)$$

Неизвестные коэффициенты  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  определим из системы уравнений

$$\left. \begin{aligned} \alpha + \gamma &= -2f_y; \\ 2 \frac{d\gamma}{dy} + \alpha\gamma + \beta + \delta &= f_y^2 - f_{yy} - \eta T_y - \frac{2\rho_0^2 k^2 \pi^2}{l_1^2}; \\ \frac{d^2\gamma}{dy^2} + 2 \frac{d\delta}{dy} + \alpha \frac{d\gamma}{dy} - \alpha\delta + \beta\gamma &= \frac{2\rho_0^2 k^2 \pi^2}{l_1^2} f_y + i \frac{2\eta k \pi}{l_1} S_{xy}; \\ \frac{d^2\delta}{dy^2} + \alpha \frac{d\delta}{dy} + \beta\delta &= \frac{k^2 \pi^2}{l_1^2} \left[ \frac{k^2 \pi^2 \rho_0^4}{l_1^2} + \nu_1 (f_{yy} - f_y^2) + \eta T_x \right]. \end{aligned} \right\} (7)$$

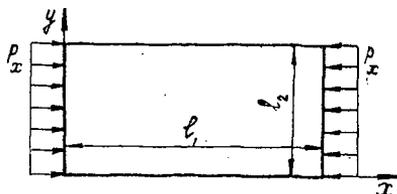
С помощью системы уравнений (7) можно определить в явном виде коэффициенты  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  для частных случаев функции  $f(y)$  и свести решение уравнения (2) к решению последовательности уравнений (5), (6).

Для примера рассмотрим сжатую непрерывно-неоднородную пластину размерами  $l_1 \times l_2$  (рис. 1). До потери устойчивости напряженное состояние пластины является плоским, причем

$$T_x = -p_x; \quad T_y = S_{xy} = 0. \quad (8)$$

Здесь  $p_x$  — величина сжимающего усилия на единицу длины.

Рис. 1. Схема воздействия внешней нагрузки на пластину из непрерывно-неоднородной модифицированной древесины



Предположим, что функция  $f(y)$  меняется по линейному закону и имеет вид:

$$f(y) = a + by, \quad (9)$$

где  $a$ ,  $b$  — произвольные постоянные.

Используя соотношения (4)–(7), решение уравнения (2) представим в виде:

$$w(x, y) = e^{\frac{1}{2}by} \sum_{k=1}^{\infty} \left( C_1 e^{\frac{1}{2}\lambda_1 y} + C_2 e^{-\frac{1}{2}\lambda_1 y} + C_3 e^{\frac{1}{2}\lambda_2 y} + C_4 e^{-\frac{1}{2}\lambda_2 y} \right) \sin \frac{k\pi x}{l_1}, \quad (10)$$

если  $\lambda_1^2 > 0$ ;

$$w(x, y) = e^{\frac{1}{2}by} \sum_{k=1}^{\infty} \left( C_1 y + C_2 + C_3 e^{\frac{1}{2}\lambda_2 y} + C_4 e^{-\frac{1}{2}\lambda_2 y} \right) \sin \frac{k\pi x}{l_1}, \quad (11)$$

если  $\lambda_1^2 = 0$ ;

$$w(x, y) = e^{\frac{1}{2}by} \sum_{k=1}^{\infty} \left( C_1 \cos \frac{\lambda_1 y}{2} + C_2 \sin \frac{\lambda_1 y}{2} + C_3 e^{\frac{1}{2}\lambda_2 y} + C_4 e^{-\frac{1}{2}\lambda_2 y} \right) \sin \frac{k\pi x}{l_1}, \quad (12)$$

если  $\lambda_1^2 < 0$ , где  $C_j$  ( $j = \overline{1,4}$ ) — произвольные функции параметра  $k$ , подлежащие определению из соответствующих граничных условий;

$$\lambda_{1,2}^2 = b^2 + \frac{4\rho_0^2 k^2 \pi^2}{l_1^2} \pm \frac{4k\pi}{l_1} \sqrt{\nu_1 b^2 + \eta p_x}. \quad (13)$$

При интегрировании уравнения (2) необходимо учитывать, что прогиб  $w(x, y)$  должен удовлетворять граничным условиям, которые зависят от способа закрепления или загрузки края пластины. Пусть края пластины  $y = 0, y_2 = l_2$  жестко зашпемлены, а края  $x = 0, x = l_1$  опертые.

Тогда решение уравнений (10)–(12) должно удовлетворять граничным условиям

$$w = 0; \quad \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \nu_2 \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} = 0 \quad (14)$$

при  $x = 0$  и  $x = l_1$ ;

$$w = 0, \quad \frac{dw}{dy} = 0 \quad (15)$$

при  $y = 0$  и  $y = l_2$ .

Удовлетворяя решение (10)–(12) граничным условиям (14), (15) и приравнявая определители полученных систем уравнений к нулю, найдем:

$$(\lambda_1^2 + \lambda_2^2) \operatorname{sh} \frac{\lambda_1 l_2}{2} \operatorname{sh} \frac{\lambda_2 l_2}{2} - 2\lambda_1 \lambda_2 \left( \operatorname{ch} \frac{\lambda_1 l_2}{2} \operatorname{ch} \frac{\lambda_2 l_2}{2} - 1 \right) = 0, \quad (16)$$

если  $\lambda_1^2 > 0$ ;

$$(\lambda_1^2 - \lambda_2^2) \sin \frac{\lambda_1 l_2}{2} \operatorname{sh} \frac{\lambda_2 l_2}{2} + 2\lambda_1 \lambda_2 \left( \cos \frac{\lambda_1 l_2}{2} \operatorname{ch} \frac{\lambda_2 l_2}{2} - 1 \right) = 0, \quad (17)$$

если  $\lambda_1^2 < 0$ .

Трансцендентные уравнения (16), (17) служат для определения величин  $p_x$ , соответствующих значениям  $k = 1, 2, 3 \dots$ . Из всей совокупности значений  $p_x$  необходимо выбирать наименьшее, которое и будет критическим. В частности, если  $\lambda_1^2 = 0$ , критическую нагрузку определим из выражения:

$$p_{кр} = \eta \left[ \frac{l_1^2}{16k^2\pi^2} \left( b^2 + \frac{4\rho_0^2 k^2 \pi^2}{l_1^2} \right) - \nu_1 b^2 \right]. \quad (18)$$

По уравнениям (16)–(18) при помощи ЭВМ СМ-1420 проводили численный расчет критической нагрузки  $p_{кр}$ , действующей на пластину из модифицированной древесины со следующими упругими и геометрическими характеристиками:

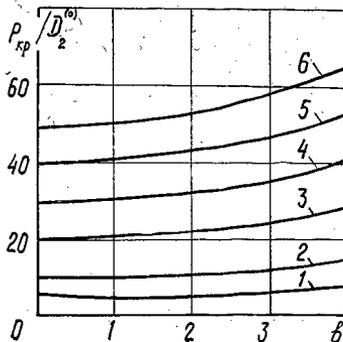


Рис. 2. Зависимость критической нагрузки от параметра, характеризующего степень неоднородности материала пластины ( $D_2^0$  — жесткость пластины на изгиб вокруг оси  $x$  в точке  $y = 0$ )

$$E_1^0 = 1,4 \cdot 10^{10} \text{ Н/м}^2; \quad \nu_1 = 0,46; \quad l_1 = l_2 = 1 \text{ м};$$
$$h = 0,01 \text{ м}; \quad G^0 = \frac{E_1^0}{2(p_0^2 + \nu_1)}; \quad a = 0. \quad (19)$$

На рис. 2 показана зависимость критической силы  $p_{кр}$  от параметра  $b$ , характеризующего неоднородность пластины. Кривые 1, 2, 3, 4, 5, 6 соответствуют значениям отношения модулей упругости  $E_1^0/E_2^0 = 1/2, 1, 2, 3, 4, 5$ . Как видно из графиков, влияние неоднородности материала более заметно проявляется при увеличении отношения модулей упругости  $E_1^0/E_2^0$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров.— М.: Наука, 1978.— 832 с. [2]. Юринец В. Е. Об исследовании напряженного состояния неоднородных ортотропных пластин // Прикл. механика.— 1984.— Т. 20, № 10.— С. 69—75.

Поступила 3 мая 1988 г.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 541.183 : 628.515

ОБ ЭФФЕКТЕ ВВЕДЕНИЯ В ПОЛИЭФИРНЫЙ ЛАК ИСКУССТВЕННЫХ СОРБЕНТОВ

Л. И. БЕЛЬЧИНСКАЯ, Л. В. КРАСНОБОЯРОВА, В. Т. МЕЗЕНЦЕВА,  
Б. Ф. МАЛИКОВ

Воронежский лесотехнический институт

На предприятиях мебельной промышленности для отделки древесных плит используют полиэфирные лаки, содержащие летучие компоненты.

Данные о составе, процентном содержании и предельно допустимых концентрациях летучих компонентов полиэфирного лака ПЭ-265 представлены в табл. 1.

Таблица 1

Летучий компонент лака	Содержание летучего компонента, %	Предельно допустимая концентрация (ПДК), мг/м <sup>3</sup>
Ацетон	4	200
Бутилацетат	6	200
Стирол	4	5

Как видно из табл. 1, наиболее токсичный из летучих компонентов лака — стирол. Предельное содержание его в 1 м<sup>3</sup> воздуха промышленного помещения в 40 раз ниже по сравнению с ацетоном и бутилацетатом. Установлено [1], что три ранее исследуемых природных минерала избирательно адсорбируют ацетон.

Цель данного исследования — определить эффективность и избирательность к поглощению искусственных сорбентов — аэросила и его модификации бутосила — в сравнении с природными сорбентами: монтмориллонитом, клиноптилолитом и палыгорскитом.

Исследуемый аэросил марки А-380 представляет собой высокодисперсный искусственный кремнезем в виде глобулярных частиц, образующих при соприкосновении друг с другом контактные поры. Поверхностные свойства аэросила А-380 [2]:

Удельная поверхность (по Ag)	315 м <sup>2</sup> /г
Средний радиус частиц	4,30 нм
Плотность изолированных гидроксильных групп	1,30 групп ОН/нм <sup>2</sup>
Емкость монослоя воды по БЭТ	3,80 молек./нм <sup>2</sup>
Объем контактных пор · 10 <sup>3</sup>	7,20 см <sup>3</sup> · г

Аэросил и бутосил подвергали предварительной термообработке. Количество адсорбированных летучих компонентов определяли весовым и хроматографическим методами. Суммарное количество поглощенных сорбентами летучих компонентов находили по разности массовых долей сухого остатка лака без сорбента и в его присутствии.

Массовую долю сухого остатка лака  $\theta$ , %, определяли по методике, описанной в работе [1].

Результаты представлены в табл. 2.