

ДИАГНОСТИКА ПОВРЕЖДЕНИЙ ВАЛА С МАХОВИКОМ

Хакимов А.Г.

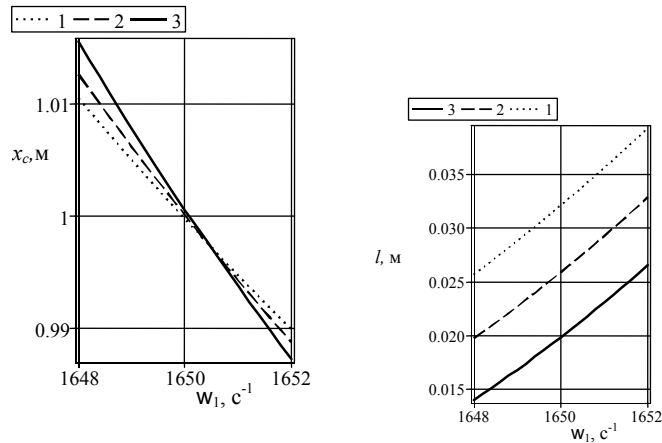
Институт механики Уфимского научного центра РАН, г.Уфа,

Хакимов А.Г.
Институт механики
Уфимского научного
центра РАН

В случае стержней конечной длины для определения наличия его дефектов может быть использовано изменение спектра собственных частот изгибных колебаний [1] или изменение частоты собственных продольных колебаний [2]. В [3] дается решение задачи определения переменной площади поперечного сечения от продольной координаты по известной зависимости перемещения свободного конца стержня от частоты возмущающей силы. Решению обратных задач о продольных бегущих волнах в стержнях конечной длины посвящена работа [4].

Рассматривается напряженно-деформированное вала, закрепленное верхним концом на упругой опоре с жесткостью на кручение c_1 и маховиком на другом конце с моментом инерции J_1 . Предполагается, что на валу имеется короткий участок (по сравнению с общей ее длиной) с меньшей площадью поперечного сечения. Этот надрез моделирует ее повреждение, в частности, повреждение, типа раскрытой трещины. Рассматривается только напряженно-деформированное состояние в пределах упругости для вала. Поскольку трещина появляется в результате развития незначительного зародыша, причем необязательно в наиболее напряженном сечении, то предполагается, что надрез может быть в любом месте по длине вала. Задача состоит в определении координаты надреза и его размеров в приближении гипотезы плоских сечений.

Решение частотного уравнения проведено численно для следующих параметров системы: модуль сдвига $G = 0.77 \cdot 10^{11}$ Па, плотность $\rho = 7800$ кг/м³, длина вала $L = 3$ м, полярный момент инерции поперечного сечения вала $J_p = 9.817 \cdot 10^{-6}$ м⁴ (диаметр вала 100 мм), $J_1 = 16$ кгм², $c_1 = 0$. При этом первая, вторая и третья собственные частоты вала без надреза и без маховика $\omega_1 = 3290.2332$ с⁻¹, $\omega_2 = 6580.4664$ с⁻¹, $\omega_3 = 9870.6997$ с⁻¹. Для вала без надреза и с маховиком $\omega_1 = 1654.6343$ с⁻¹, $\omega_2 = 4938.5387$ с⁻¹, $\omega_3 = 8227.4971$ с⁻¹. Для вала с координатой надреза $x_c = 1$ м, параметром $m=0.2$, длиной надреза $l = 0.02$ м и с маховиком решение прямой задачи дает, что круговые частоты крутильных колебаний вала $\omega_1=1650.087957$ с⁻¹, $\omega_2 = 4810.479030$ с⁻¹, $\omega_3 = 8206.529986$ с⁻¹.



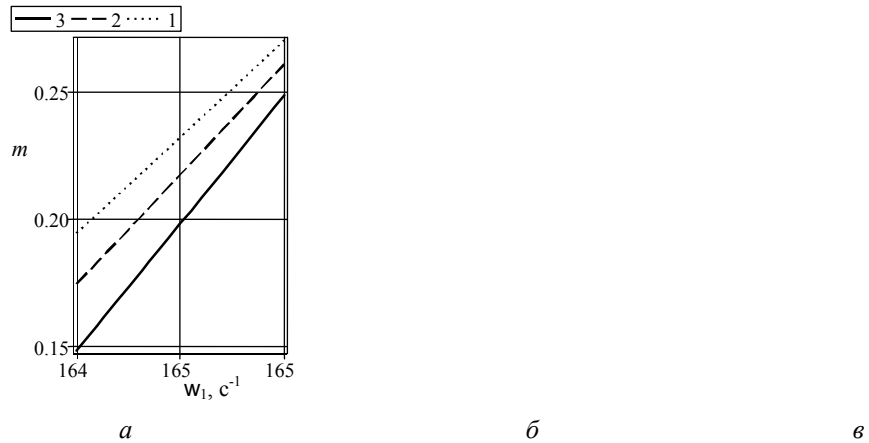


Рис. 1. Зависимости координаты надреза x_c , его длины l и параметра m от круговой частоты крутильных колебаний вала ω_1 .

Получены зависимости круговых частот крутильных колебаний вала ω_1 , ω_2 , ω_3 от координаты надреза x_c для параметра $m=0.1$ и различных l (в м). Эти зависимости имеют периодический характер. Также приводятся зависимости круговых частот крутильных колебаний вала ω_1 , ω_2 , ω_3 от параметра m для координаты надреза $x_c = 1$ м и различных l (в м) и зависимости круговых частот крутильных колебаний вала ω_1 , ω_2 , ω_3 от от длины надреза l для координаты надреза $x_c = 1$ м и различных значений параметра m .

Если частотное уравнение записать для трех частот свободных крутильных колебаний, то из полученной системы уравнений определяются координата надреза x_c , его длина l и параметр m . Например, для круговых частот крутильных колебаний вала $\omega_1 = 1648 \text{ c}^{-1}$, $\omega_2 = 4810 \text{ c}^{-1}$, $\omega_3 = 8206 \text{ c}^{-1}$ решение обратной задачи дает, что вал имеет надрез при $x_c = 1.015$ м, $m=0.148$, $l = 0.014$ м. На рис. 1 приводятся зависимости координаты надреза x_c , его длины l и параметра m от круговых частот крутильных колебаний вала ω_1 , для $\omega_2 = 4770 \text{ c}^{-1}$ (1), $\omega_2 = 4790 \text{ c}^{-1}$ (2), $\omega_2 = 4810 \text{ c}^{-1}$ (3), $\omega_3 = 8206.53 \text{ c}^{-1}$.

Проведенные исследования показывают, что по трем частотам свободных крутильных колебаний можно определить координату надреза x_c , его длину l и параметр надреза m .

Литература

1. Ваньков Ю.В., Казаков Р.Б., Яковлева Э.Р. // Собственные частоты изделия как информативный признак наличия дефектов. Электронный журнал «Техническая акустика», <http://ejta.org> 2005, 5.
2. Ильгамов М.А. // Диагностика повреждений вертикальной штанги. Труды института механики УНЦ РАН. Вып. 5. – Уфа: «Гилем». 2007. С.201-211.
3. Ватульян А. О. // Обратные задачи в механике деформируемого твердого тела. М.: Физматлит. 2007. 224 с.
4. Ватульян А. О., Солуянов Н. О. // Об определении местоположения и размера полости в упругом стержне. - Дефектоскопия. 2005. №9. С.44-56.