

ВЛИЯНИЕ НАПОЛНИТЕЛЯ НА ДЕМПФИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА БАЛКИ

Миронов В.И.¹, Огорелков Д.А.^{1,2,a}, Козлов П.В.², Яковлев В.В.²

¹Институт машиноведения УрО РАН, Екатеринбург
²Уральский федеральный университет, Екатеринбург
^aogorelkov.dimon@yandex.ru

Теоретическая часть

Табл. 1. Собственные частоты ω при разной толщине стенки s .

Толщина стенки s	Горизонтальная плоскость		Вертикальная плоскость	
	Пустая	Запененная	Пустая	Запененная
0,2	78,913	77,390	139,560	136,660
0,4	79,617	78,887	140,240	138,770
0,6	80,334	79,828	140,940	139,960
0,8	81,011	80,621	141,630	140,870
1	81,108	80,798	142,320	141,710
1,2	82,402	82,146	143,000	142,500
1,5	83,451	83,254	144,030	143,630

Аналитические решения дают близкие результаты с небольшой погрешностью 0,4÷2%, что можно списать на грубость построения сетки при конечно-элементном анализе.

Дифференциальное уравнение затухающих колебаний материальной точки со сосредоточенной массой имеет вид:

$$\ddot{x} + 2n\dot{x} + p^2x = 0$$

где коэффициент затухания n и круговая частота p связаны с круговой частотой незатухающих колебаний p_0 следующим соотношением:

$$n^2 = p_0^2 - p^2 \quad (1)$$

Логарифмический декремент затухающих колебаний δ выражается через период T как:

$$\delta = nT = n/p$$

Если обозначить индексом 1 параметры балки без наполнителя, а индексом 2 параметры балки с наполнителем, и пренебрегая весом легкого наполнителя монтажной пены, получаем систему уравнений:

$$\begin{aligned} n_1^2 &= p_0^2 - p_1^2 \\ n_2^2 &= p_0^2 - p_2^2 \end{aligned}$$

Выразив из системы параметр n_2 , подставив декремент колебаний через формулу (1) и круговую частоту через соотношение $p=2\pi \cdot \omega$, получим формулу для вычисления декремента затухания балки с наполнителем:

$$\delta_2 = \frac{1}{\omega_2} \sqrt{(\delta_1 \omega_1)^2 + \omega_1^2 - \omega_2^2} \quad (2)$$

где ω_1, ω_2 – собственные частоты пустой и запененной балки, полученные из вычислительного эксперимента, δ_1 – декремент пустой балки. Декремент колебаний обычно берут из литературы или из натурального эксперимента.

На построенные по формуле (2) графиках (рис. 1) представлена зависимость декремента запененной балки δ_2 от толщины стенки s в вертикальной (рис. 1а) и горизонтальной (рис. 1б) плоскостях при разных значениях декремента пустой балки δ_1 .

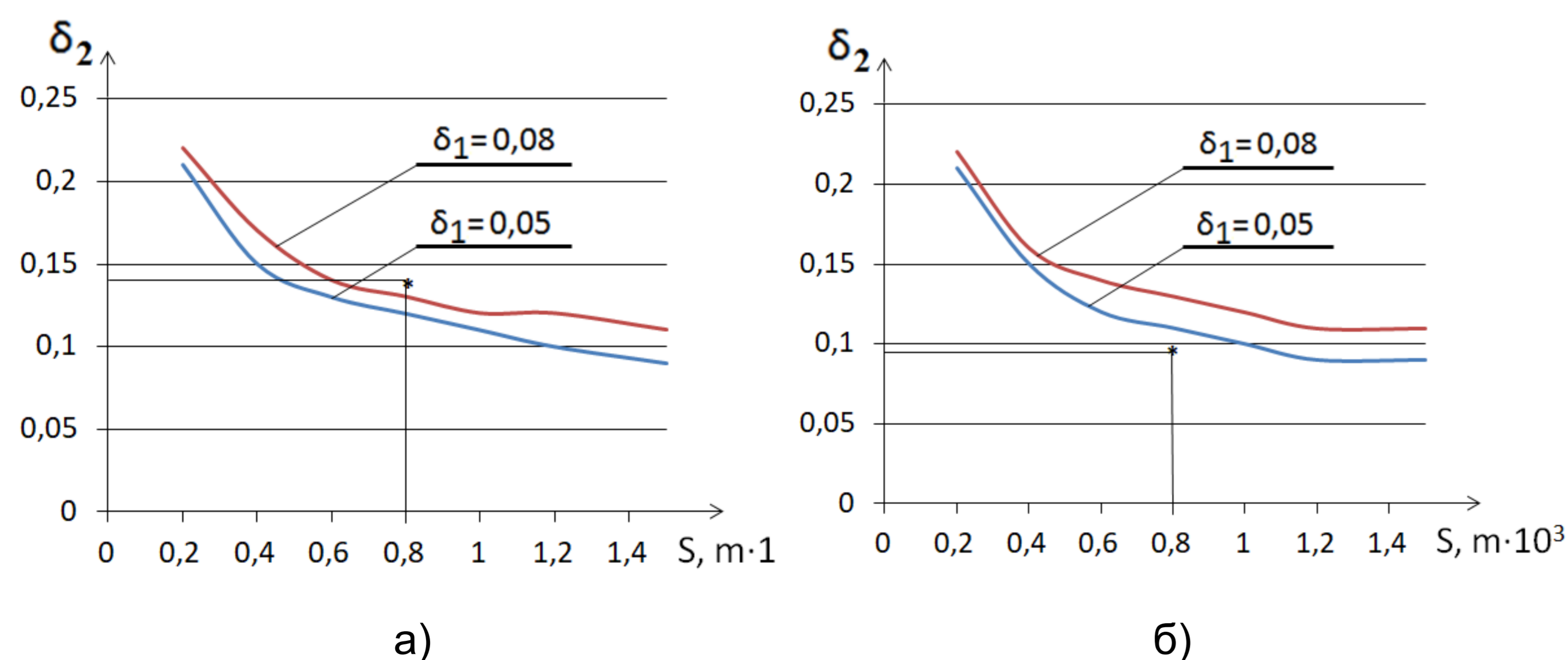


Рис. 1 – Зависимость логарифмического декремента δ_2 балки с наполнителем от толщины стенки s при $\delta_1=0,05$ и $\delta_1=0,08$

а – вертикальная плоскость; б – горизонтальная плоскость.

Экспериментальная часть

Испытательный стенд в сборе (рис.2) состоит из стальной трубы прямоугольного сечения 1, верстака 2, на котором установлена опора для защемления прямоугольной трубы, ограничителя перемещения 3 с зазором Δ , нагружающего устройства 4 и записывающей видеокамеры.

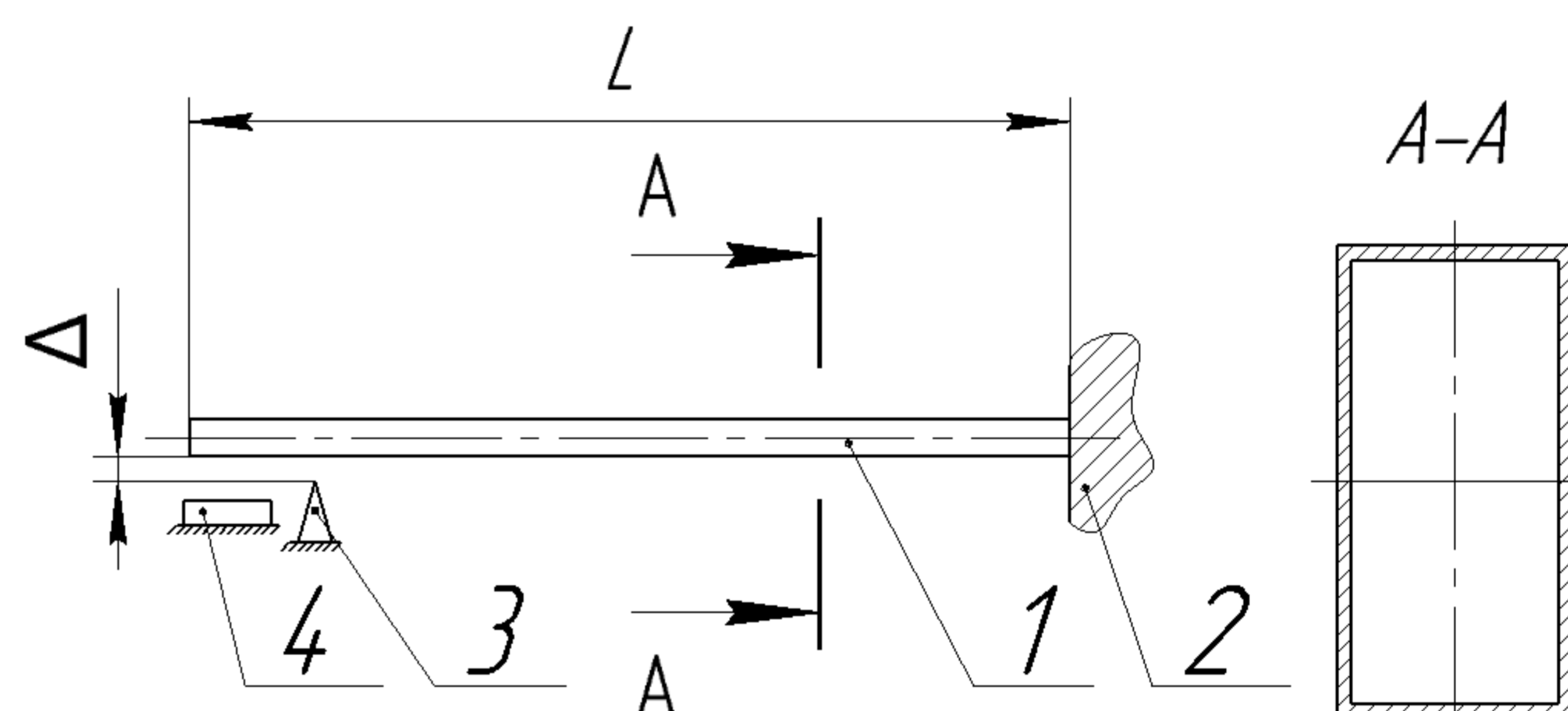


Рис. 2 – Испытательный стенд в сборе.

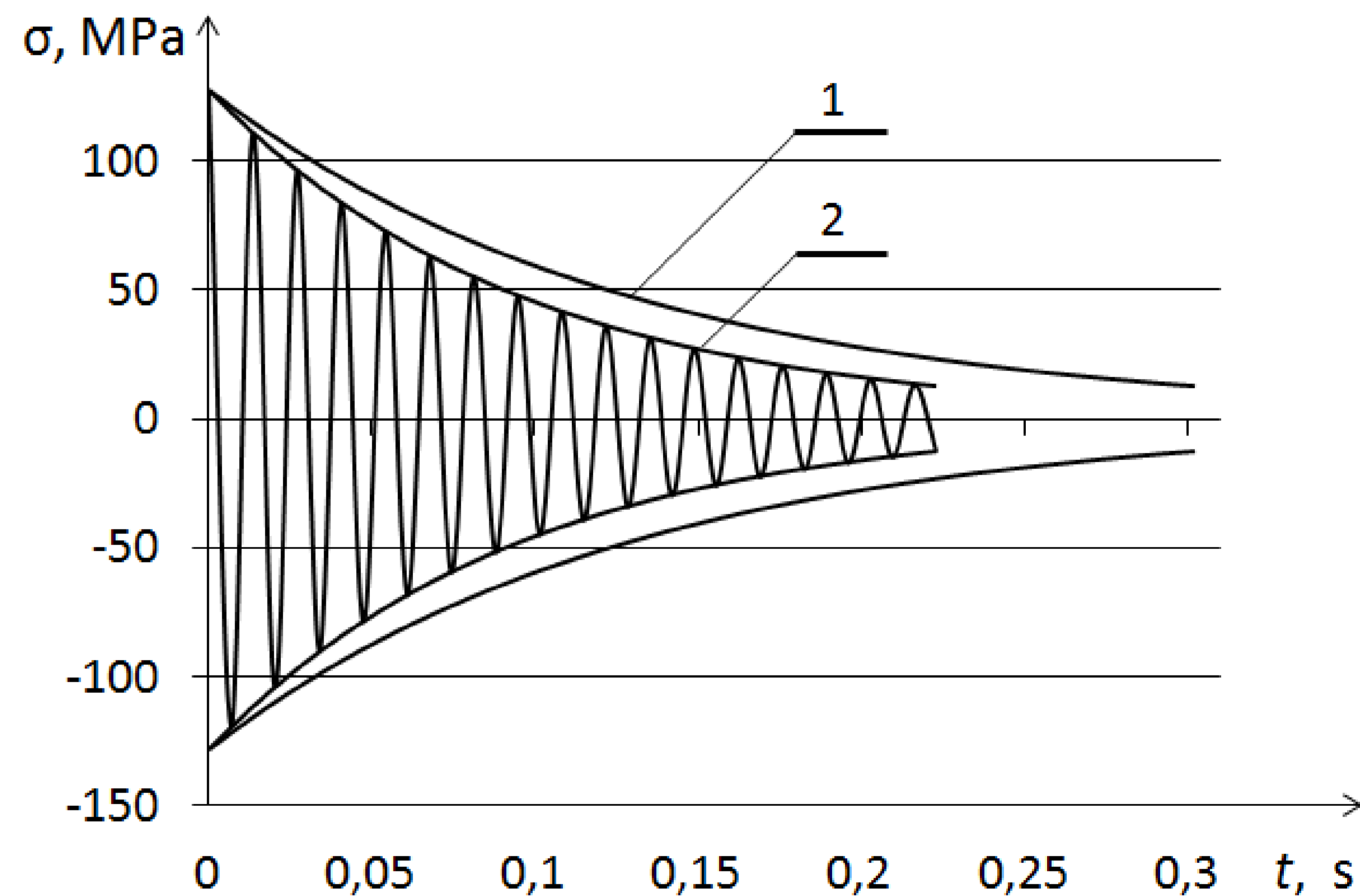


Рис. 3 – Виброграммы пустой (1) и запененной (2) балки в вертикальной плоскости

Табл. 2. Результаты обработки виброграмм.

	Горизонтальная плоскость		Вертикальная плоскость	
	Пустая	Запененная	Пустая	Запененная
Декремент δ	0,08	0,095	0,08	0,14
Период колебаний T , с	0,01875	0,021875	0,01042	0,01354
Коэффициент затухания n	4,266	4,34	7,68	10,34
Частота ω , Гц	53,33	45,71	96	73,85
Число значимых циклов N , шт	29	24	29	16
Время релаксации T_r , с	0,54	0,53	0,3	0,22