

стях ростверка, дают лучшее приближение к амплитудам определенным экспериментально для рассматриваемых физических процессов.

#### Л и т е р а т у р а.

1. *Забылин М.И.* Расчет фундаментов под машины/ М.И. Забылин. – Новосибирск: Изд-во НИСИ, 1983. – 83 с.

2. *Нуждин Л.В.* Учет взаимодействия ростверка с грунтом при колебаниях свайных фундаментов/ Тр. Росс. нац. конф. с иностр. участ. – СПб, 1995. – С. 505-510.

3. *Баранов В.А.* О расчете вынужденных колебаний заглубленного фундамента / В.А. Баранов // Вопросы динамики и прочности: Тр. Риж. ПИ. – Рига, 1967. – № 14. – С. 195 – 209.

4. *Нуждин Л.В., Колесников А.О.* К оценке динамических реакций на контуре прямоугольного выреза в бесконечной пластине// Изв. Вузов. Строительство. – 2004. – №5. – С. 22-31.

### ESTIMATION OF THE INFLUENCE OF PILE-CAP DEEPENING AT PILE FOUNDATION VIBRATIONS

A.O. Kolesnikov, V.N. Popov

The expressions to define the parameters of stiffness and damping of the foundation with a deepened pile-cap based on a wave model are offered. For each kind of vibrations, dynamic parameters are defined, with due account to the interaction of a pile-cap with ground. A principle of superposition via summing up corresponding dynamic parameters of pile-cap and piles are used.



### ПОПЕРЕЧНЫЕ КОЛЕБАНИЯ УПРУГОЙ КОНСОЛЬНОЙ БАЛКИ С АМОРТИЗИРУЮЩЕЙ МАССОЙ НА ТОРЦЕ

А.И. ВАСИЛЬЕВ, канд. техн. наук, доцент

Московский государственный университет природообустройства

В настоящее время для обеспечения сейсмостойкого строительства и безопасности сооружений применяют различные инженерные методы виброгашения сейсмических колебаний строительных конструкций с многомассовыми демпферами [1], резинометаллические виброизоляторы [2], так называемые «сейсмические пояса», подвижные катковые опоры и другие устройства. Колебания балок и плит под действием импульсивных и ударных нагрузок исследовались в статье [3].

Непосредственный практический интерес представляет задача определения оптимальных параметров амортизаторов, обеспечивающих максимальное гашение амплитуды поперечных колебаний строительных конструкций.

В работе в линейной постановке решена задача о поперечных колебаниях здания, вызванных действием поперечной сейсмической волны при условии, что к строительной конструкции прикреплён амортизатор упругого типа.

Моделью задачи является вертикально расположенная упругая балка, нижний торец которой жёстко закреплён в подвижное основание (фундамент), совершающее горизонтальные колебания по заданному закону по времени (инструментально записанная сейсмограмма). К верхнему торцу сооружения на упругой подвеске прикреплён груз, масса которого намного меньше массы сооружения (рис. 1). Математической моделью задачи является дифференциальное уравнение изгибных колебаний её оси (обозначения общеприняты)

$$EJ \frac{\partial^4 w}{\partial z^4} + \rho A \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = 0, \quad M_x = EJ \frac{\partial^2 w}{\partial z^2}, \quad Q_y = \frac{\partial M_x}{\partial z}. \quad \left. \vphantom{\frac{\partial^4 w}{\partial z^4}} \right\} \quad (0 < z < H, t > 0) \quad (1)$$

Это уравнение дополняется уравнением движения массы  $m$ , прикрепленной на упругой подвеске к сооружению в сечении  $z = H$  :

$$m\ddot{w} + k[w - \xi(t)] = -Q_y. \quad (z = H, t > 0) \quad (2)$$

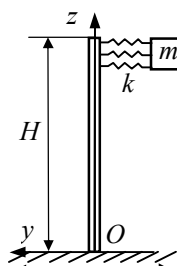


Рис. 1.  
Схема задачи

в котором функция  $\xi(t)$  означает горизонтальное перемещение виброзащитной массы;  $k$  – жёсткость упругой пружины.

Систему взаимосвязанных уравнений (1) и (2) следует интегрировать при следующих граничных

$$w|_{z=0} = f_0(t), \quad \left. \frac{\partial w}{\partial z} \right|_{z=0} = 0, \quad M_x|_{z=H} = 0 \quad (3)$$

и нулевых начальных условиях.

Для простоты примем закон горизонтальных сейсмических колебаний в виде  $f_0(t) = \sin(\omega t)$  при  $t \geq 0$ .

Для решения начально-краевой задачи используем интегральное преобразование Лапласа по времени с параметром  $s$ . Решение в изображениях выражается через четыре произвольных постоянных. При этом функция  $f_0(t)$  преобразуется по следующей зависимости

$$\int_0^{\infty} e^{-st} \sin(\omega t) dt = \frac{\omega}{s^2 + \omega^2}. \quad (4)$$

Равенство нулю основного определителя приводит к резонансным режимам колебаний упруго-массовой системы. Построенное в настоящей работе решение позволяет найти оптимальные параметры виброизолятора с упругим демпфером для защиты высотных зданий и сооружений при горизонтальных сейсмических воздействиях. Кроме того, это может служить методической базой при ускоренных испытаниях строительных конструкций консольного типа, подверженных воздействиям синусоидального сейсмического импульса. Если в конструкцию вибратора включить вязкий элемент (гидравлическое или пневматическое устройство), можно получить надёжный амортизатор для защиты строительных конструкций. На рис.2 представлен характер развития прогиба сооружения во времени для сечения  $z = H/2$ . Цифра 1 соответствует отсутствию амортизатора ( $m = 0$ ); результат для отношения масс

$$m(\rho A H)^{-1} = 10^{-2}$$

помечен цифрой 2.

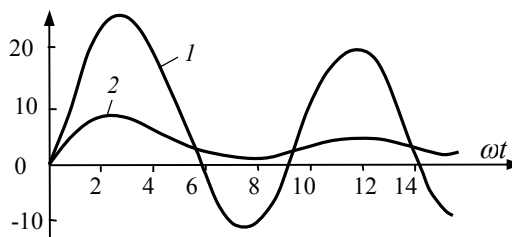


Рис. 2. Характер развития поперечного прогиба в сечении  $z = H/2$

#### Л и т е р а т у р а

1. Дукарт А.В., Олейник А.И. О принципах виброгашения тонкостенных конструкций с помощью многомассовых гасителей колебаний. МГСУ, Институт строительства и архитектуры, кафедра «Строительной механики МГСУ»// Юбилейный сб., посвящённый 100-летию со дня рождения Власова В.З. и 85 летию кафедры «Строительная механика, МГСУ». – М., 2006. – С. 47-54.

2. Дашевский М.А. Инженерный метод нелинейного расчёта резинометаллических виброизоляторов для зданий// Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений, 2006, №2, с. 54-60.

3. Галин М.П. Поперечные колебания балок и плит за пределом упругости под действием импульсивных и ударных нагрузок// Изв. АН СССР, Отделение Технических Наук, 1958, № 3, с. 42-50.