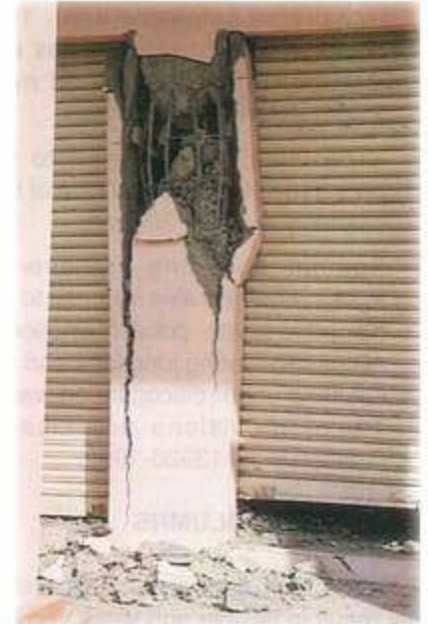
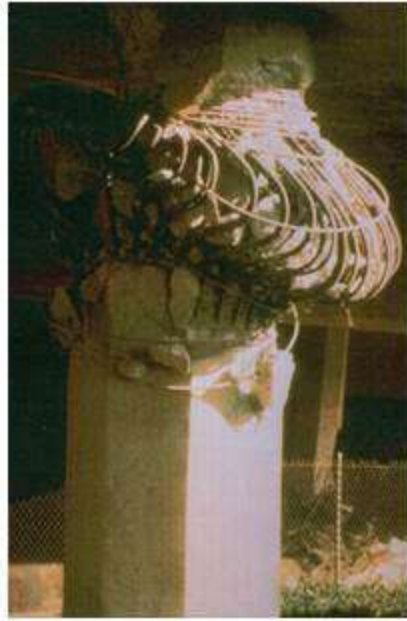


Сейсмоизоляция в системах сейсмозащиты зданий

Белаш Татьяна Александровна

Последствия сильных землетрясений по материалам международных конференций





SEISMO

EURO-ASIAN FORUM

Евразийский форум по
сейсмической безопасности
сооружений и городов

2017.seismo.ru
forum@seismo.ru
+7 (499) 705 6712



Примеры реализации сейсмоизоляционных устройств

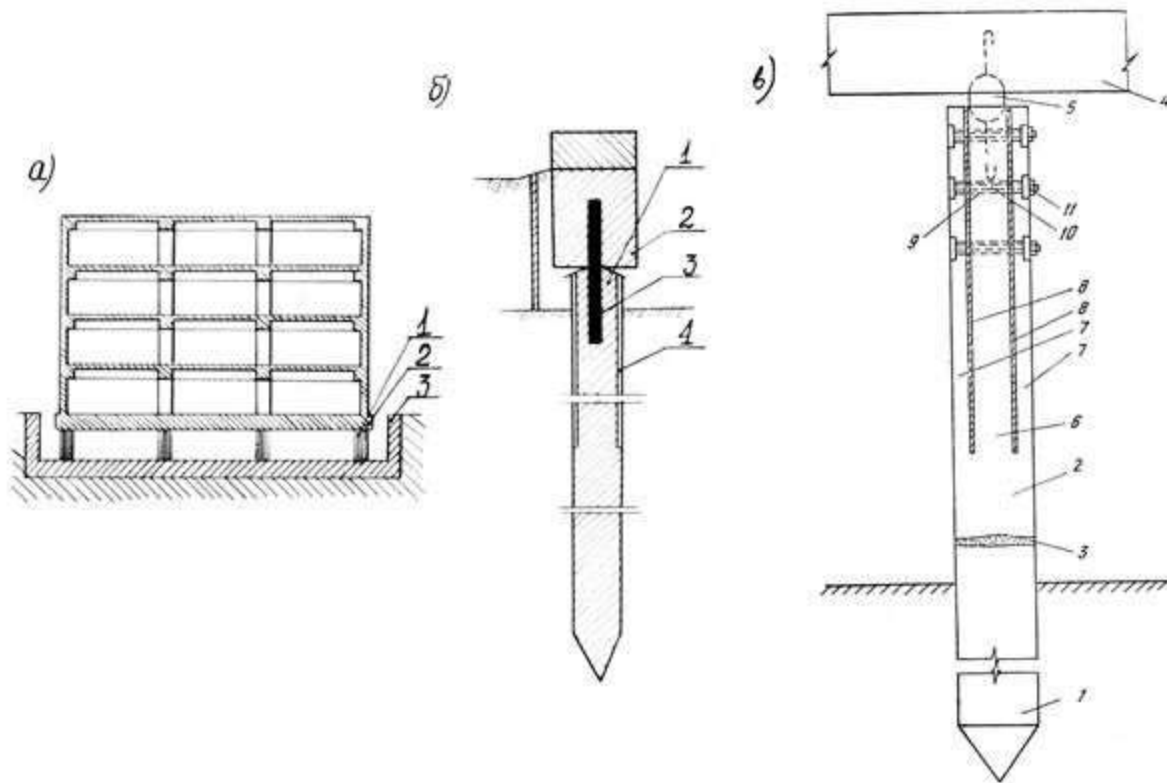
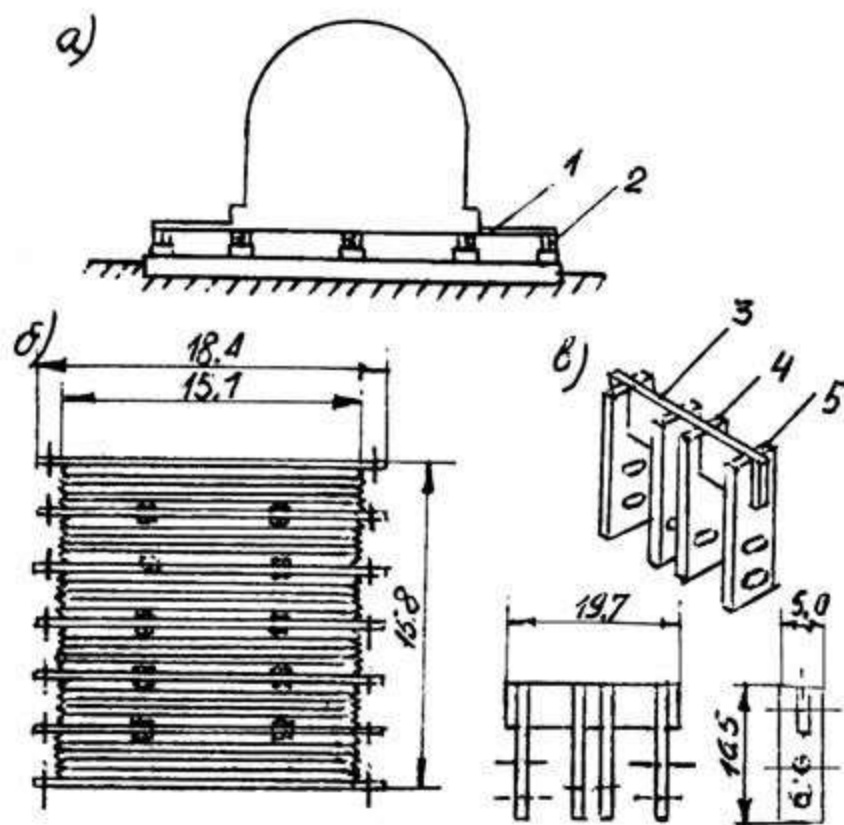
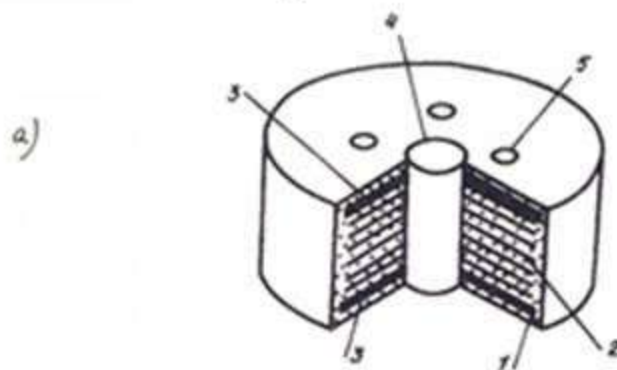


Схема сейсмоизолирующего РО АЭС (США)



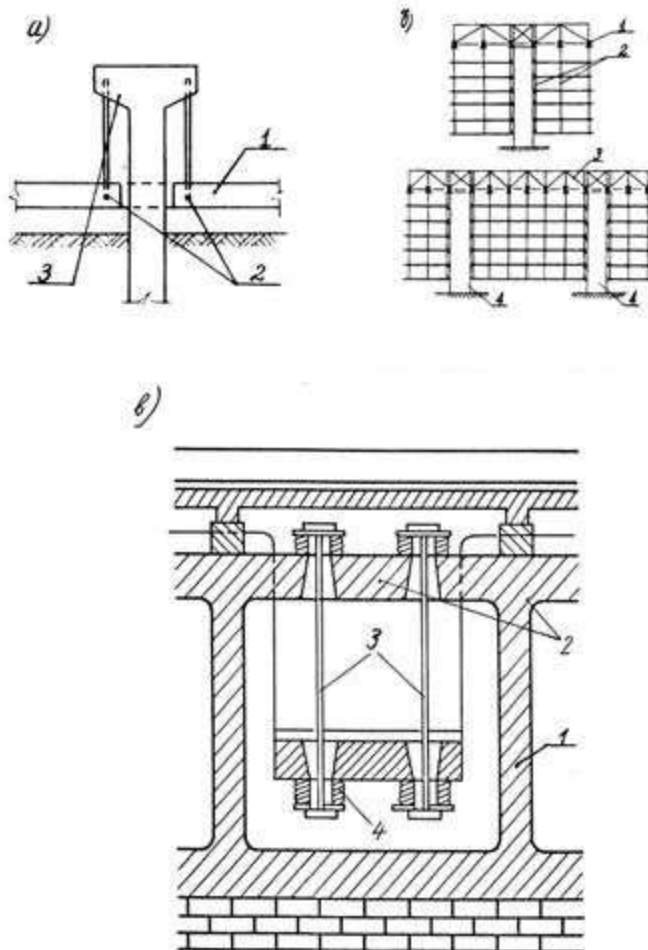
Конструктивная схема сейсмоизолирующей опоры типа LRB (фирма Ойлес)



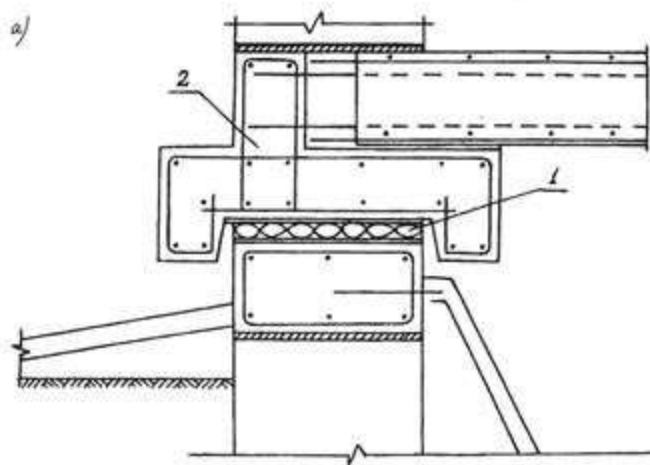
b)



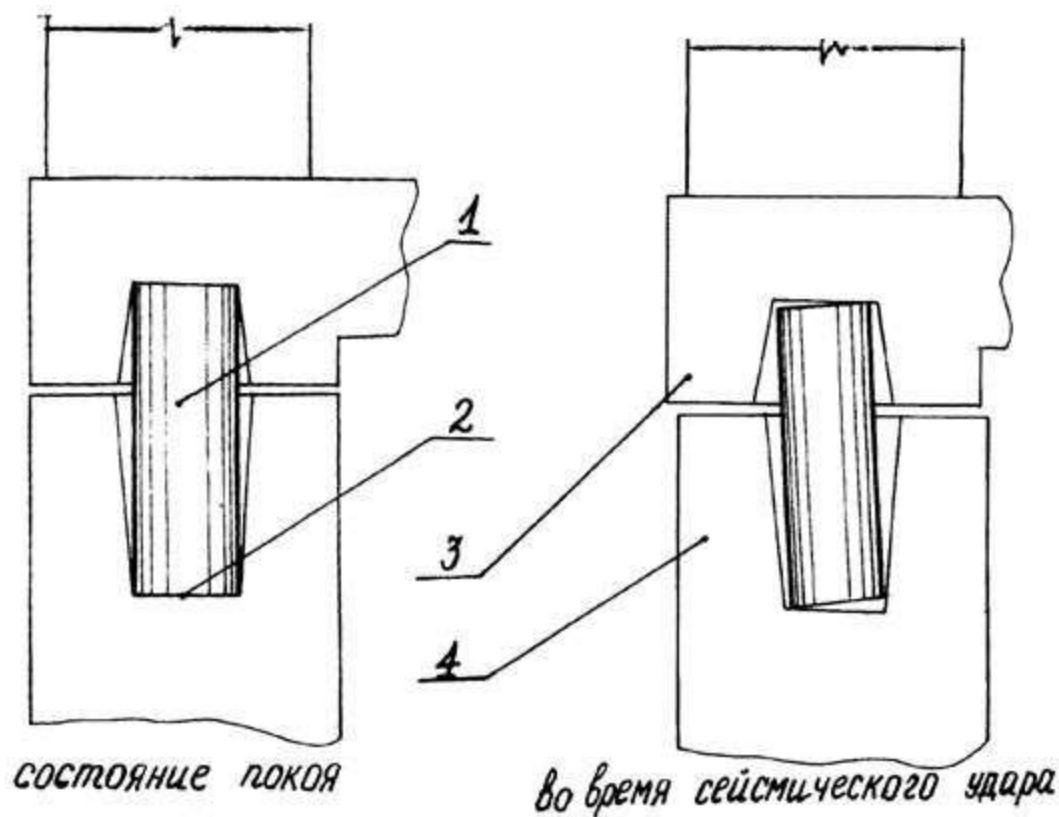
Примеры реализации подвесных конструкций



Примеры сейсмоизоляции гравитационного типа в виде эллипсоидов вращения



Примеры сейсмоизоляции гравитационного типа в виде цилиндров

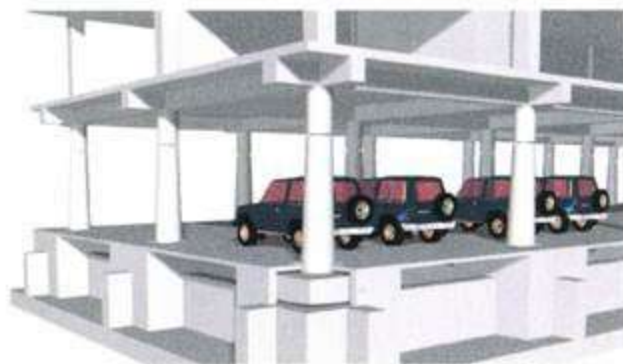


Примеры реализации кинематических опор Ю.Д. Черепинского

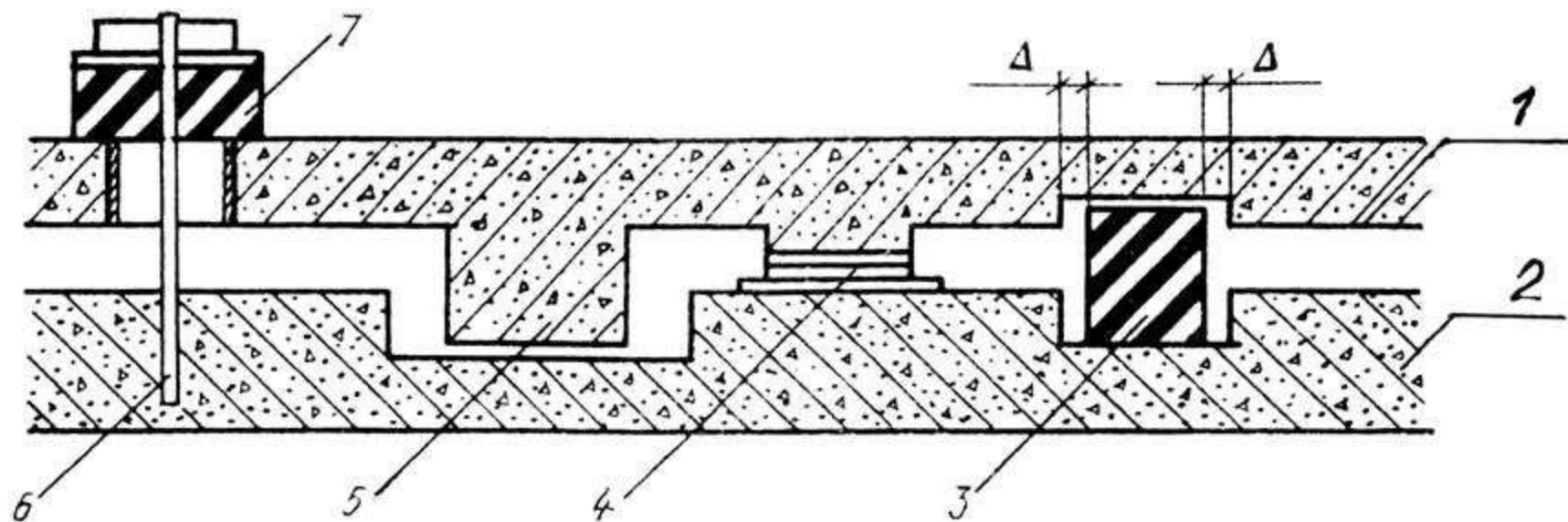
а)



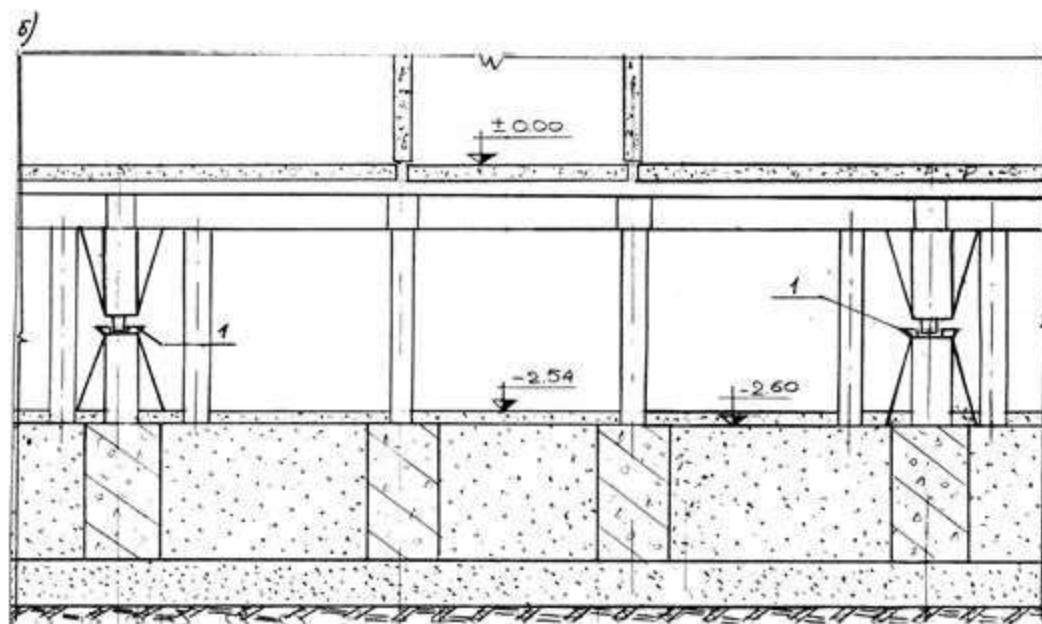
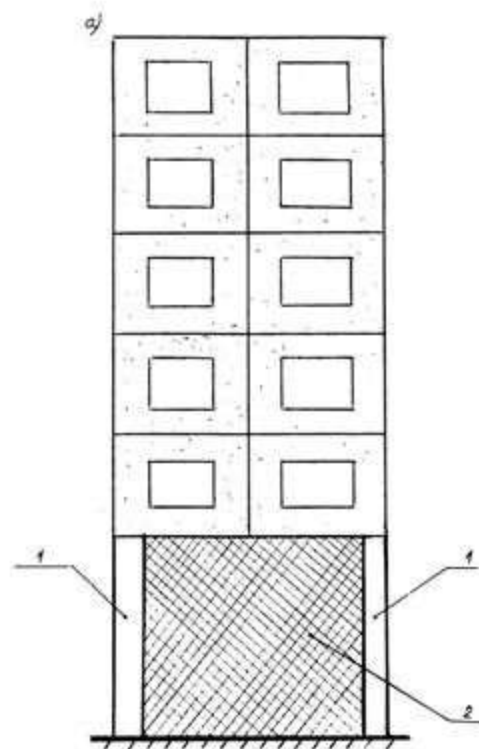
б)



Конструкция сейсмоизолирующего пояса



Адаптивная система сейсмозащиты Я.М. Айзенберга



Рассмотрим в самой приближенной постановке сейсмические колебания здания, моделируемого сдвиговой консолью с распределенными параметрами, жестко заделанной в основание под влиянием установившихся смещений основания, заданных функцией вида:

$$u = A_1 \sin \omega_1 t + A_2 \sin \omega_2 t$$

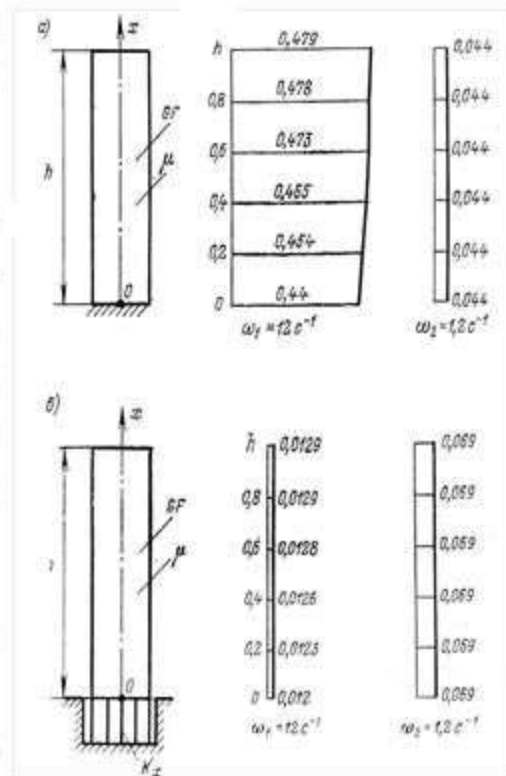
Для консоли примем высоту h , массу μ , сдвиговую жесткость GF эквивалентными характеристикам одного из объектов строительства – крупнопанельное здание транспортного назначения. Параметры движения A_1 , ω_1 , A_2 и ω_2 основания назначим таким образом, чтобы они были близки соответственно преобладающему периоду ускорения и преобладающему периоду смещения землетрясения, например, типа Эль-Центро (1940 г.). Эти значения были приняты следующими:
 $A_1 = 3$ см, $\omega_1 = 12$ с⁻¹, $A_2 = 30$ см, $\omega_2 = 1,2$ с⁻¹

Такие соотношения являются характерными для ряда имеющихся записей землетрясений.

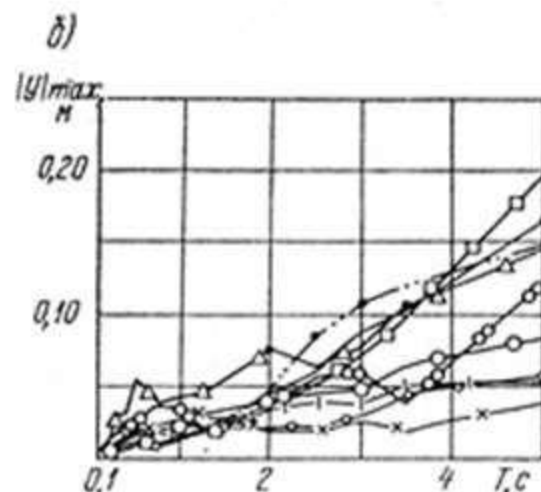
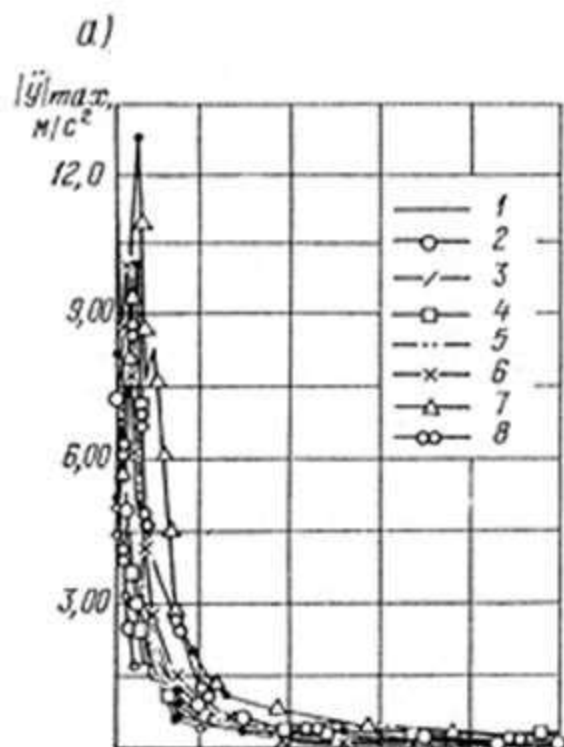
В качестве уравнения движения воспользуемся известным волновым уравнением:

$$a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}$$

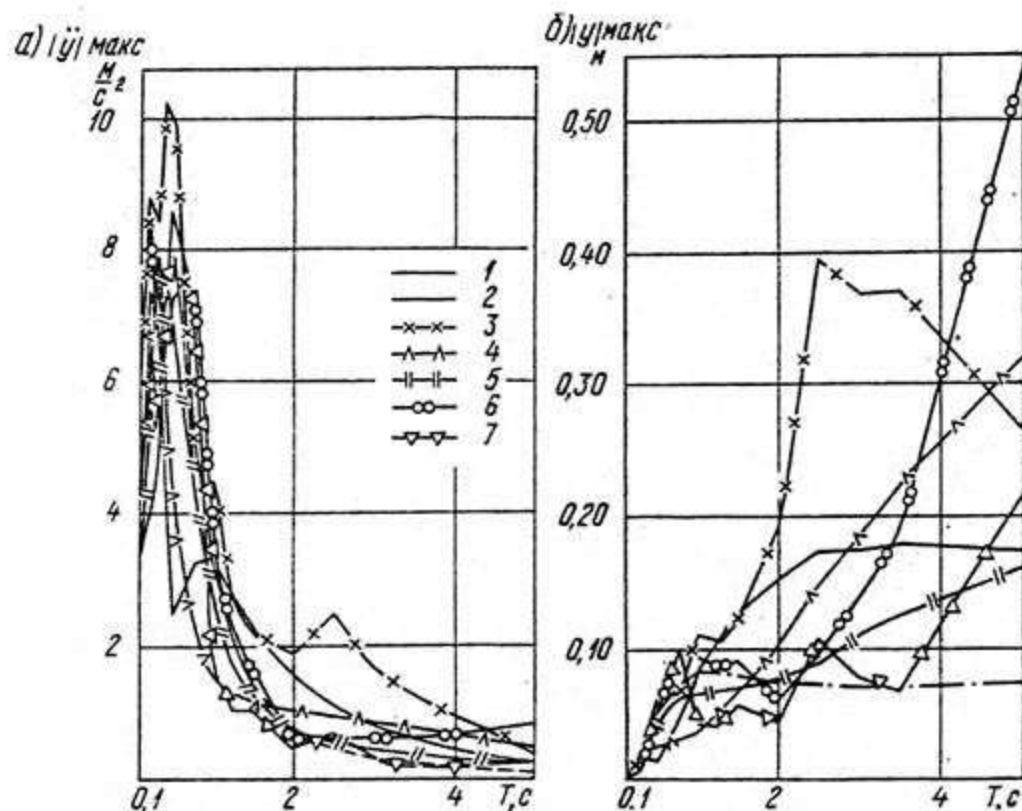
где $u(x, t)$ – поперечные смещения консоли; $a = \sqrt{\frac{GF}{\mu}}$ – скорость распространения в ней поперечных волн



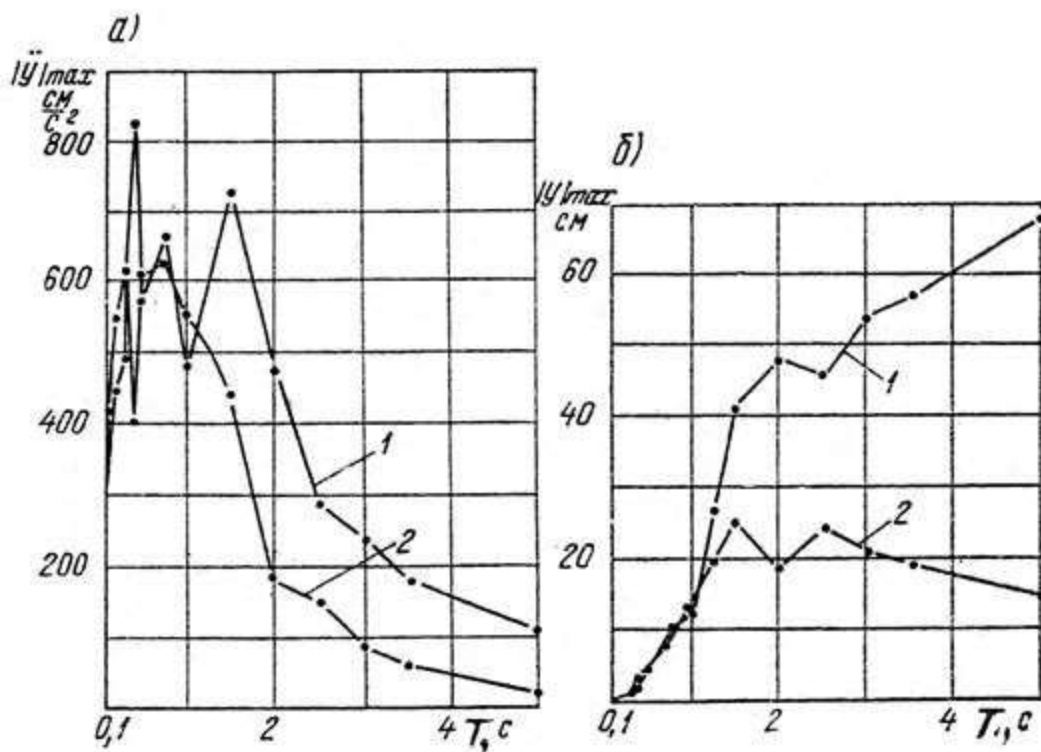
Спектры ускорений (а) и смещений (б) при высокочастотных землетрясениях



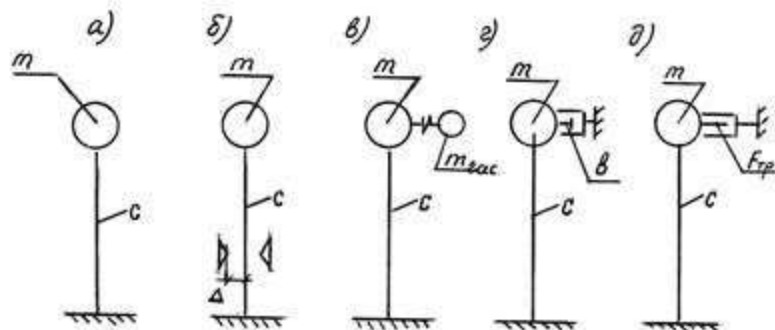
Спектры ускорений (а) и смещений (б) при среднечастотных землетрясениях



Спектры ускорений (а) и смещений (б) при низкочастотных землетрясениях



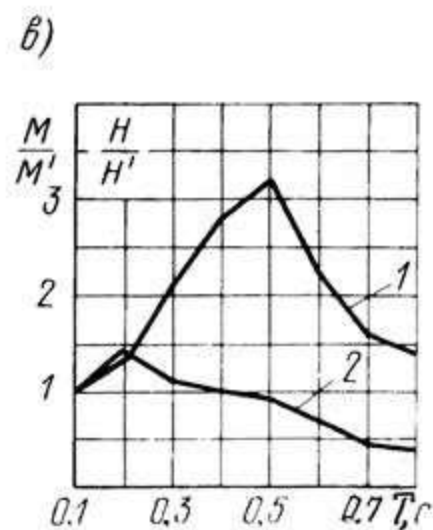
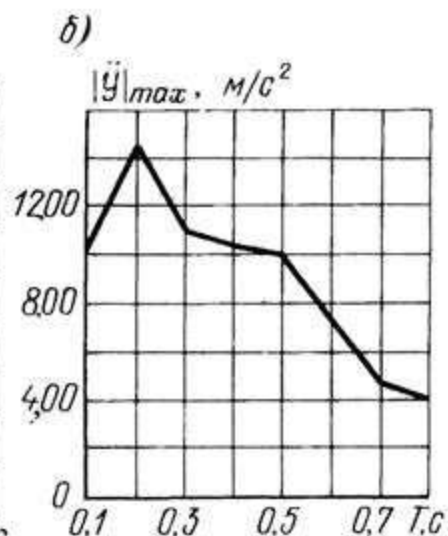
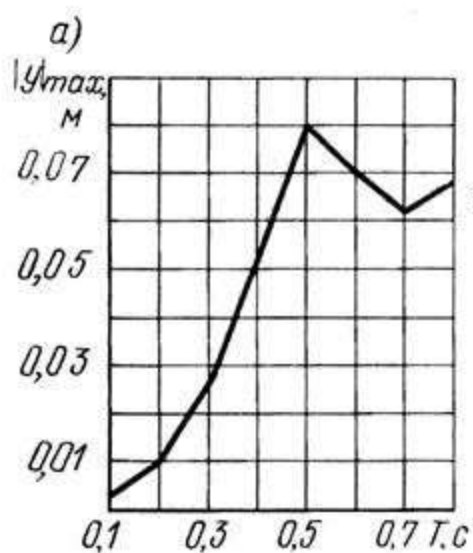
Расчетные схемы



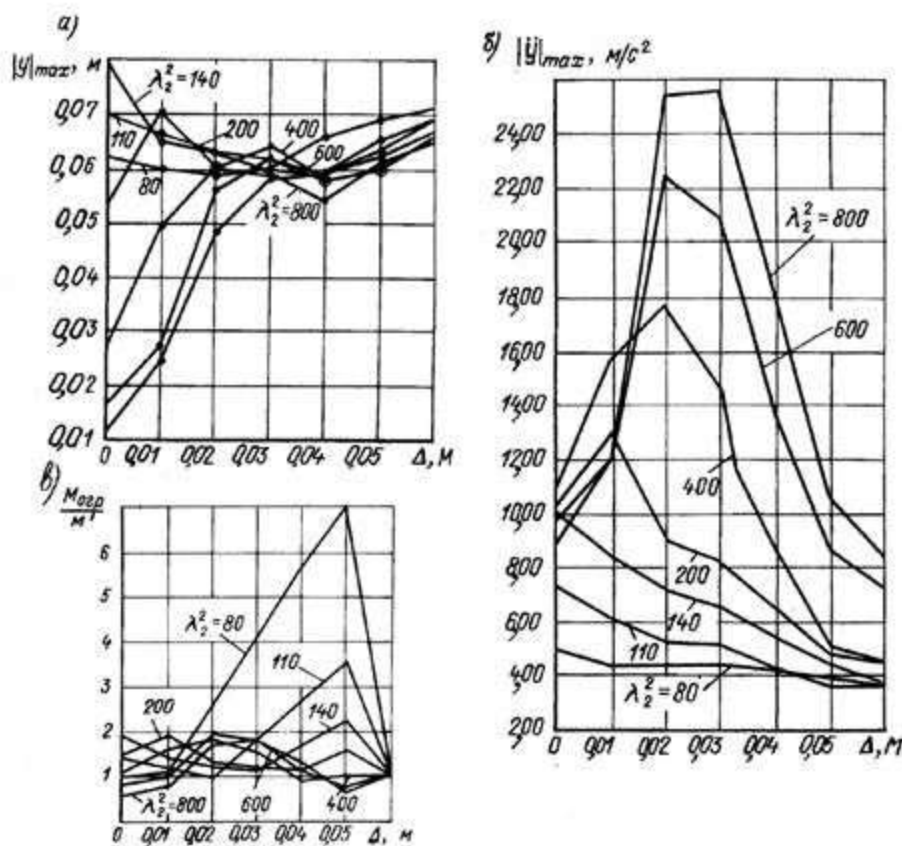
Дифференциальные уравнения движения для принятых расчетных схем

№ уравнений	Дифференциальные уравнения движения	Условия перехода	№ расчетной схемы
1	$m\ddot{y} + b\dot{y} + cy = -m\ddot{y}_0$	-	Рис. 2.5,а
2	$m\ddot{y} + b\dot{y} + R(y) = -m\ddot{y}_0$ $R(y) = \begin{cases} \lambda_1^2 y \\ \lambda_2^2 y + (\lambda_1^2 - \lambda_2^2) \cdot \Delta \\ \lambda_2^2 y - (\lambda_1^2 - \lambda_2^2) \cdot \Delta \end{cases}$	при $ y < \Delta$ при $y > \Delta, \Delta \geq 0$ при $y < -\Delta$	Рис. 2.5,б
3	$M\ddot{Y} + \gamma M^{1/2} R^{1/2} \dot{Y} + RY = -M\ddot{Y}_0$	-	Рис. 2.5,в
4	$m\ddot{y} + b\dot{y} + cy = -m\ddot{y}_0$	-	Рис. 2.5,г
5	$\ddot{y} + \lambda^2 y + 2n\dot{y} + \frac{F_{\text{тп}}}{m} \text{sign}\dot{y} = -\ddot{y}_0$	при $\dot{y} > 0$ – движение слева направо при $\dot{y} < 0$ – движение справа налево	Рис. 2.5,д

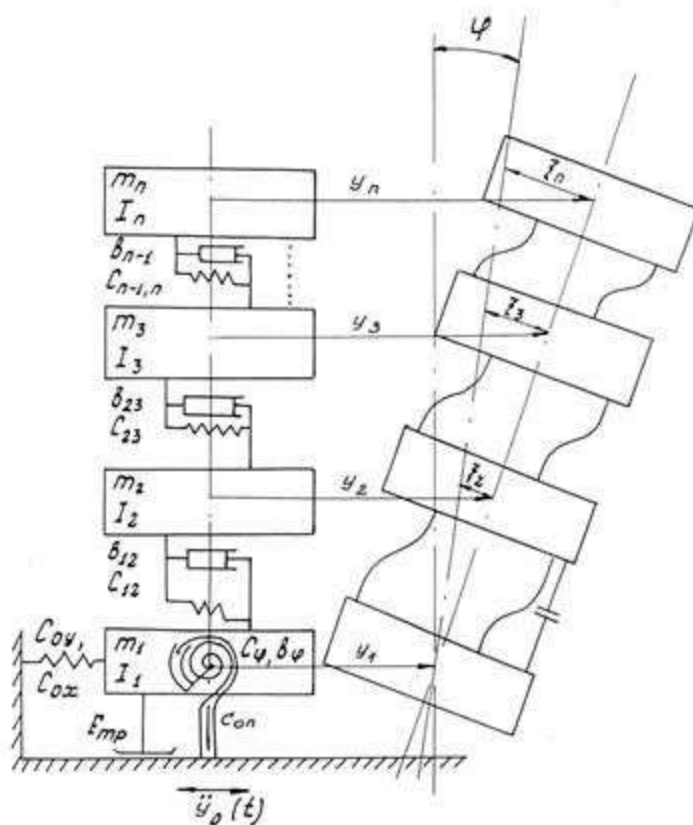
Результаты решения исходной системы



Результаты решения исходной системы с ограничителями перемещений



Расчетная схема многомассной системы «здание-фундамент-основание» для колебаний сдвига-поворота



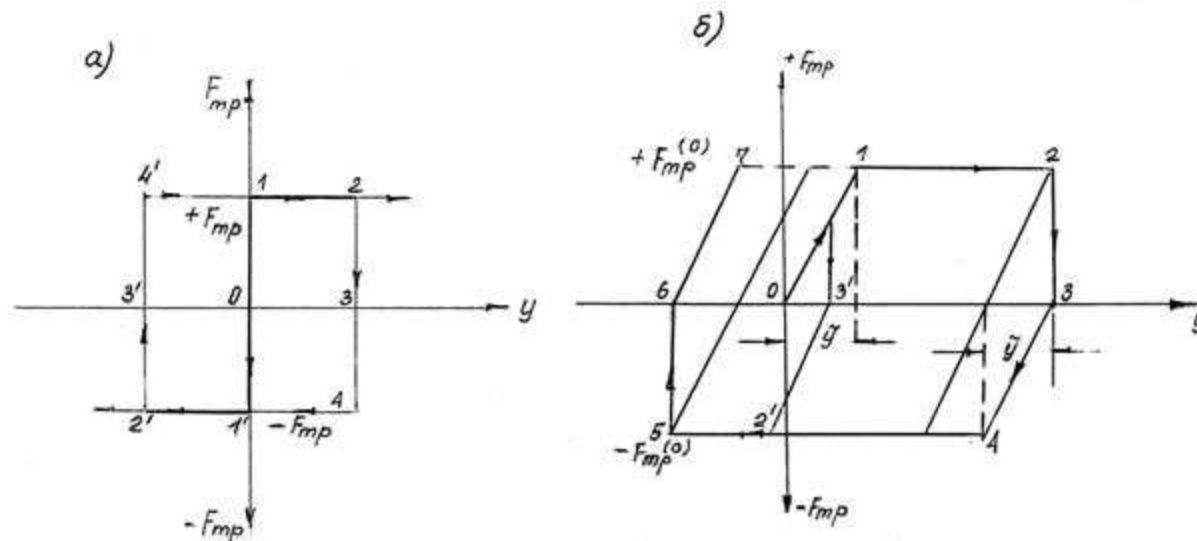
Сейсмоизолирующая конструкция фундамента рассматриваемого типа характеризовалась следующими параметрами:

- 1) периодом собственных колебаний здания на опорах без учета влияния сил сопротивления демпфера сухого трения и диссипации в самом сооружении – T_0 , с;
- 2) предельной силой сопротивления демпфера сухого трения, характеризуемой отношением:

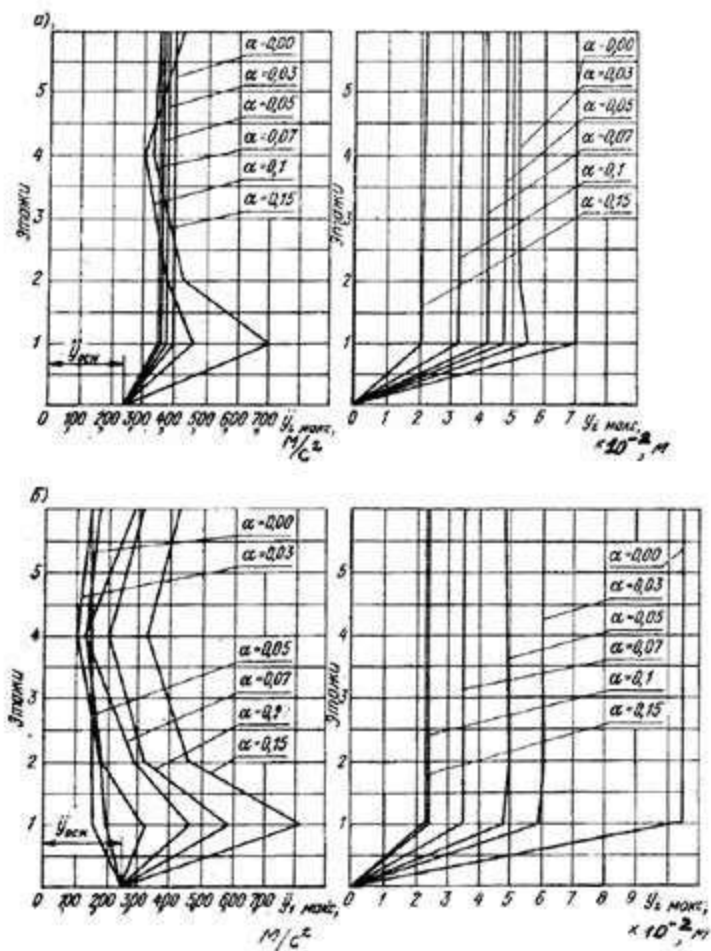
$$\alpha = \frac{F_{\text{тр.мах}}}{Q_{\text{зд}}},$$

где α – параметр трения в демпфере; $F_{\text{тр.мах}}$ – предельная сила сопротивления демпфера сухого трения; $Q_{\text{зд}}$ – вес здания.

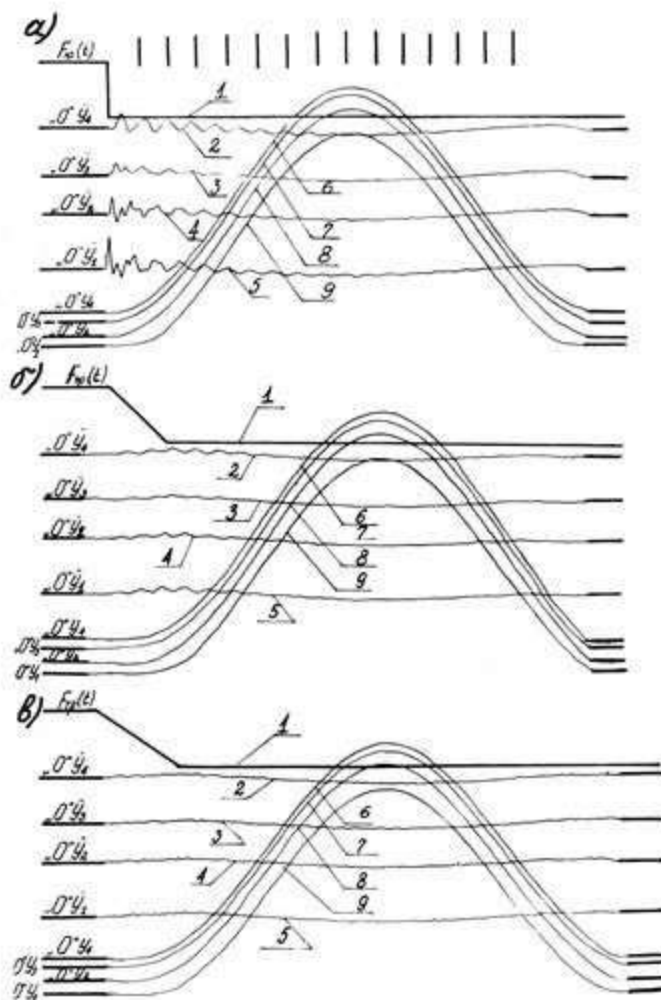
- 3) формой диаграммы деформирования демпфера сухого трения, которая показана рисунке



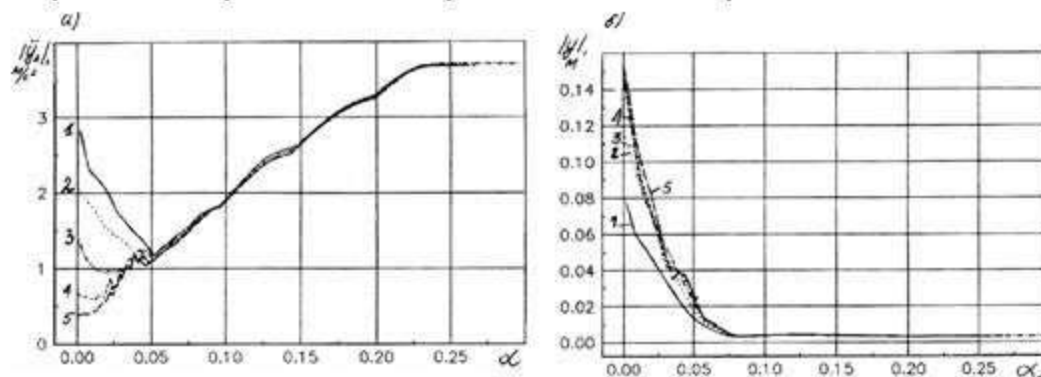
Распределение абсолютных ускорений и относительных смещений по этажам для многомассной системы с демпфером сухого трения при действии землетрясения «Эль-Центро»



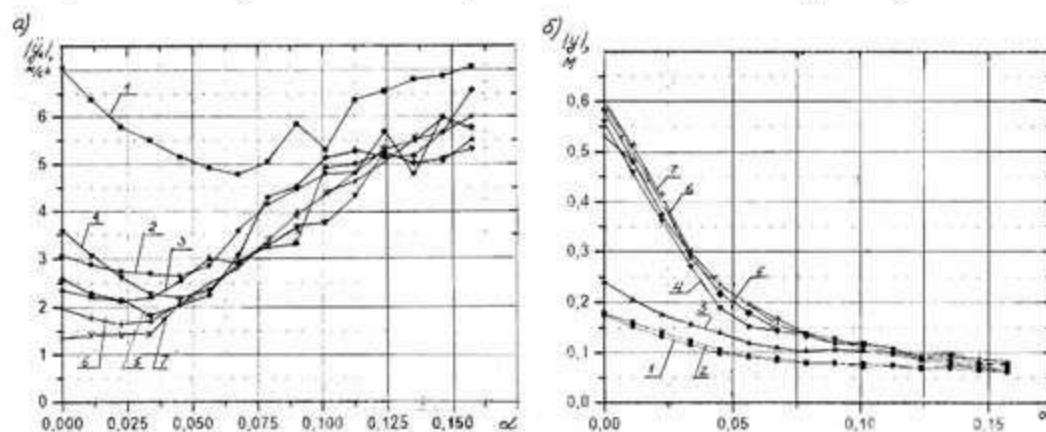
Влияние характера приложения силы сухого трения на поведение многомассной системы



Зависимость максимальных абсолютных ускорений сейсмоизолированного здания (а) и максимальных смещений (б) от параметра относительного трения в демпферах сухого трения при землетрясении «Вернон»



Зависимость максимальных абсолютных ускорений сейсмоизолированного здания (а) и максимальных смещений (б) от параметра относительного трения в демпферах сухого трения при землетрясении «Эль-Центро»



Исходя из полученных результатов исследования, рекомендуется назначать период основного тона колебаний сейсмоизолированного сооружения в границах:

$$\begin{aligned} T_{co} &= 1 - 2 \text{ с} && \text{при } T_3 < 0.3 \text{ с;} \\ T_{co} &= 1.5 - 2.5 \text{ с} && \text{при } T_3 = 0.3 - 1 \text{ с;} \\ T_{co} &= 2 - 4 \text{ с} && \text{при } T_3 < 1 \text{ с} \end{aligned}$$

При отсутствии данных о частотном составе сейсмических воздействий и наличии их интенсивности рекомендуется принимать T_{co} в пределах от 2 до 2.5 с при обязательном включении энергопоглотителей сухого трения.

Значения показателя по трению для сооружений массовой застройки рекомендуется принимать равными:

- для 9-ти балльных землетрясений:
 $\alpha_{расч} = 16\%$ от веса всего сооружения;
- для 8-ми балльных землетрясений:
 $\alpha_{расч} = 8\%$ от веса всего сооружения;
- для 7-ми балльных землетрясений:
 $\alpha_{расч} = 4\%$ от веса всего сооружения.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!