

# PERFORMANCE BASED DESIGNING OF HIGH-RISE BASED ISOLATED BUILDINGS

## МНОГОУРОВНЕВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕЙСМОИЗОЛИРОВАННЫХ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

**Fioravante V.<sup>1</sup>, Madabhushi G.<sup>2</sup>, Benin A.V.<sup>3</sup>, Elizarov S.V.<sup>3</sup>, Uzdin A.M.<sup>3</sup>,  
Fedotova I.A.<sup>3</sup>, Dolgaya A.A.<sup>4</sup>, Sakharov O.A.<sup>4</sup>**

1 1 Ferrara University - Engineering Department - Via G. Saragat, 1 44100  
FERRARA ITALY, e-mail [vfioravante@ing.unife.it](mailto:vfioravante@ing.unife.it)

2 – University of Cambridge, Department of Engineering, CB2 1PZ, UK  
Cambridge, United Kingdom, e-mail [mosp1@eng.cam.ac.uk](mailto:mosp1@eng.cam.ac.uk)

3 – Petersburg Transport University, 190031, Saint-Petersburg, Murkowski  
Prospect, 9, Russia, e-mail [uzdin@mail.ru](mailto:uzdin@mail.ru)

4 – Center on Earthquake Engineering and Natural Disaster Reduction,  
Petropavlovsk Kamchatsky, Pobeda Avenue, 9,  
e-mail [cendr@peterlink.ru](mailto:cendr@peterlink.ru) e-mail cendr@peterlink.ru ; e-mail  
[Oleg\\_sakharov@rambler.ru](mailto:Oleg_sakharov@rambler.ru)

# ТРАДИЦИОННОЕ И МНОГОУРОВНЕВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

ТРАДИЦИОННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ	МНОГОУРОВНЕВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Задается расчетная нагрузка с заданным уровнем ее превышения</li><li>2. Проводится условный упругий расчет сооружения</li><li>3. На основе упругого расчета производится усиление конструкции</li><li>4. Конструкция проектируется равнопрочной</li><li>5. Высказывается <b>надежда</b>, что принятое на основе упругого расчета усиление сооружения обеспечит отсутствие предельного состояния при реальной работе конструкции за пределами упругости</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Задается иерархия предельных состояний с заданными вероятностями их возникновения <math>p_i</math></li><li>2. Определяются соответствующие каждому предельному состоянию расчетные нагрузки с вероятностью их превышения <math>p_i</math></li><li>3. Проектируются узлы конструкции, обеспечивающие возникновение заданного предельного состояния при расчетной нагрузке</li><li>4. На выходе получают сценарий накопления повреждений в сооружении</li></ol>
<p>Удовлетворительные результаты получаются для объектов массового строительства</p>	<p>Программа минимум – два уровня. ПЗ и SLS и МПЗ и ULS</p>

# ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ МУП

1. Задание уровней ПЗ и МРЗ.
2. Назначение параметров сейсмоизоляции.
3. Анализ всех аспектов поведения сейсмоизолированных высотных зданий при землетрясениях, включая геотехнические аспекты.

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ РАСЧЕТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

- Социальный риск  $R$  пропорционален числу этажей  $N$

- $R = aNq,$  (1)

- Допустимая вероятность отказа обратно пропорциональна числу этажей

$$q = q_0 \cdot \frac{N_0}{N} \quad \bullet \quad (2)$$

- $q_0$  допустимая вероятность отказа для 5-этажного здания ( $N_0 = 5$ ) при средних сейсмогеологических условиях;

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ РАСЧЕТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

- Базовое уравнение для оценки уровня расчетного воздействия

$$q = \sum_{I=7}^{10} p_I \varepsilon_{IK}$$

$p_I$  – вероятность возникновения землетрясения силой  $I$  баллов за срок службы сооружения;

$\varepsilon_{IK}$  – вероятность того, при землетрясении силой  $I$  баллов будет превышен уровень ускорений  $A_K$

$$p_I = 1 - e^{-\frac{T_I}{T_{life}}}$$

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ РАСЧЕТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

- Две гипотезы для нахождения  $\varepsilon_{IK}$
- 1) Гипотеза о зависимости амплитуды от преобладающего периода при  $\varepsilon = \varepsilon_{KK}$

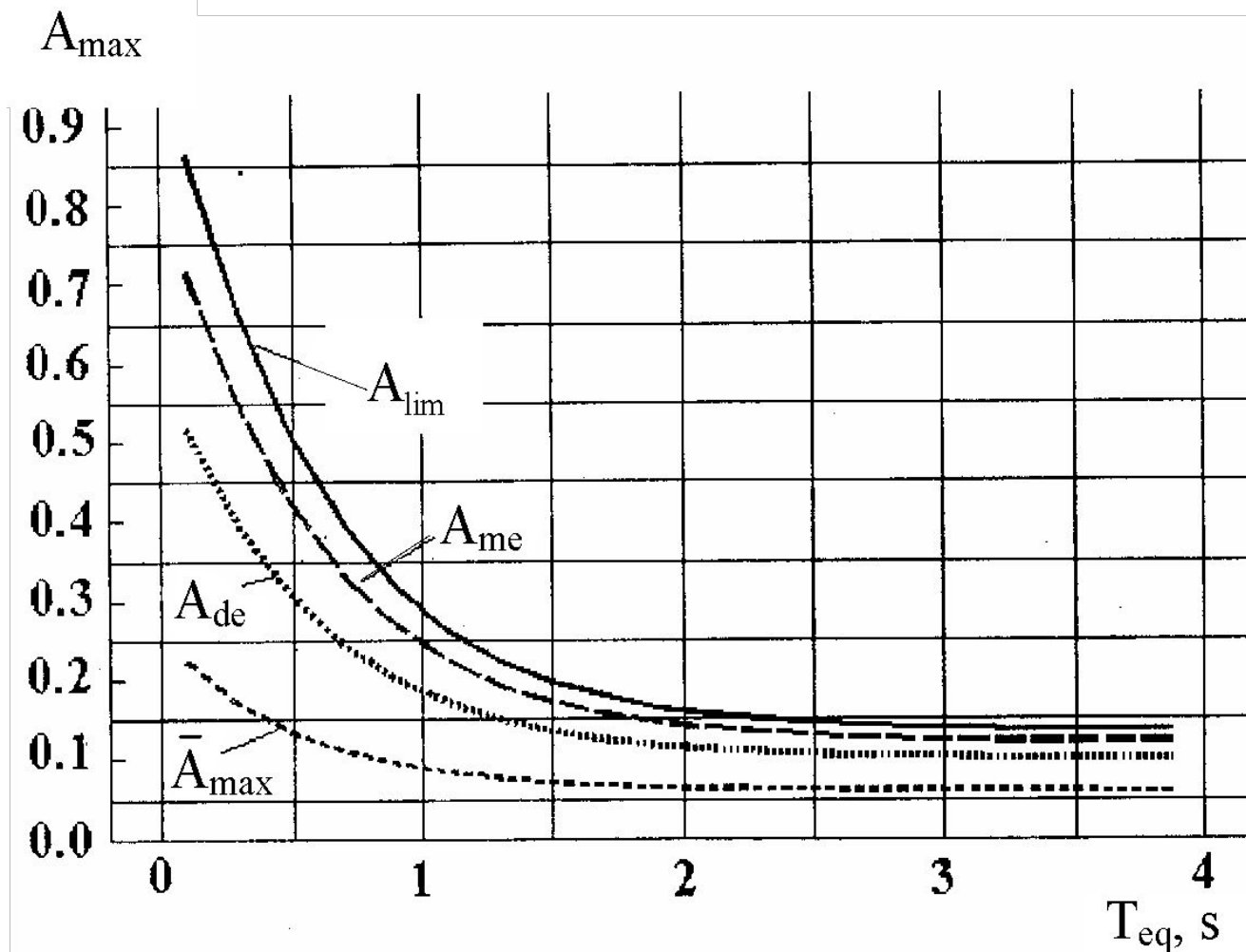
$$A_K = [a(\varepsilon) \cdot (e^{-1.8T} + c(\varepsilon) \cdot e^{-4.1T}) + b(\varepsilon)] \cdot 2^{K-8}$$

- 2) Гипотеза об удвоении амплитуды при увеличении балла на 1

$$\begin{aligned} A_K &= [a(\varepsilon_{KK}) \cdot (e^{-1.8T} + c(\varepsilon_{KK}) \cdot e^{-4.1T}) + b(\varepsilon_{KK})] \cdot 2^{K-8} = \\ &= [a(\varepsilon_{IK}) \cdot (e^{-1.8T} + c(\varepsilon_{IK}) \cdot e^{-4.1T}) + b(\varepsilon_{IK})] \cdot 2^{I-K} \end{aligned}$$

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ РАСЧЕТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

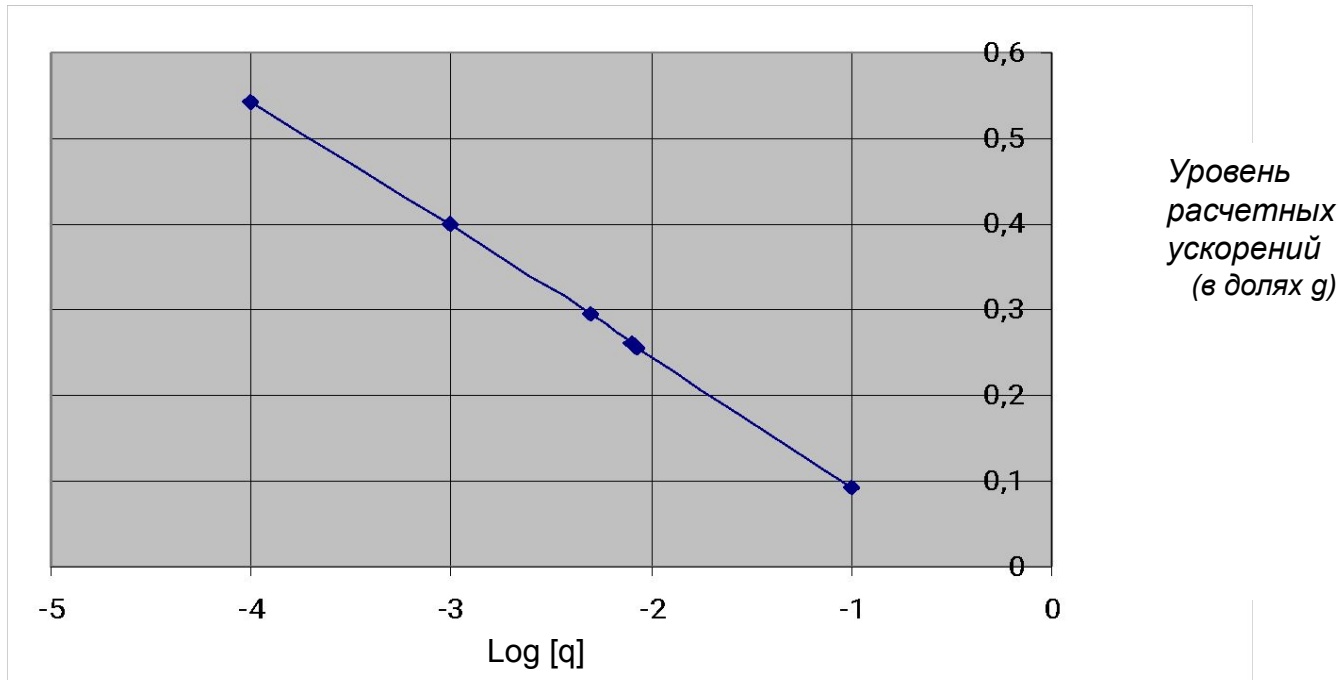
- Запвисимость амплитуды ускорений от преобладающего периода воздействия



# ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ РАСЧЕТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

- Базовые данные для оценки уровня сейсмического воздействия

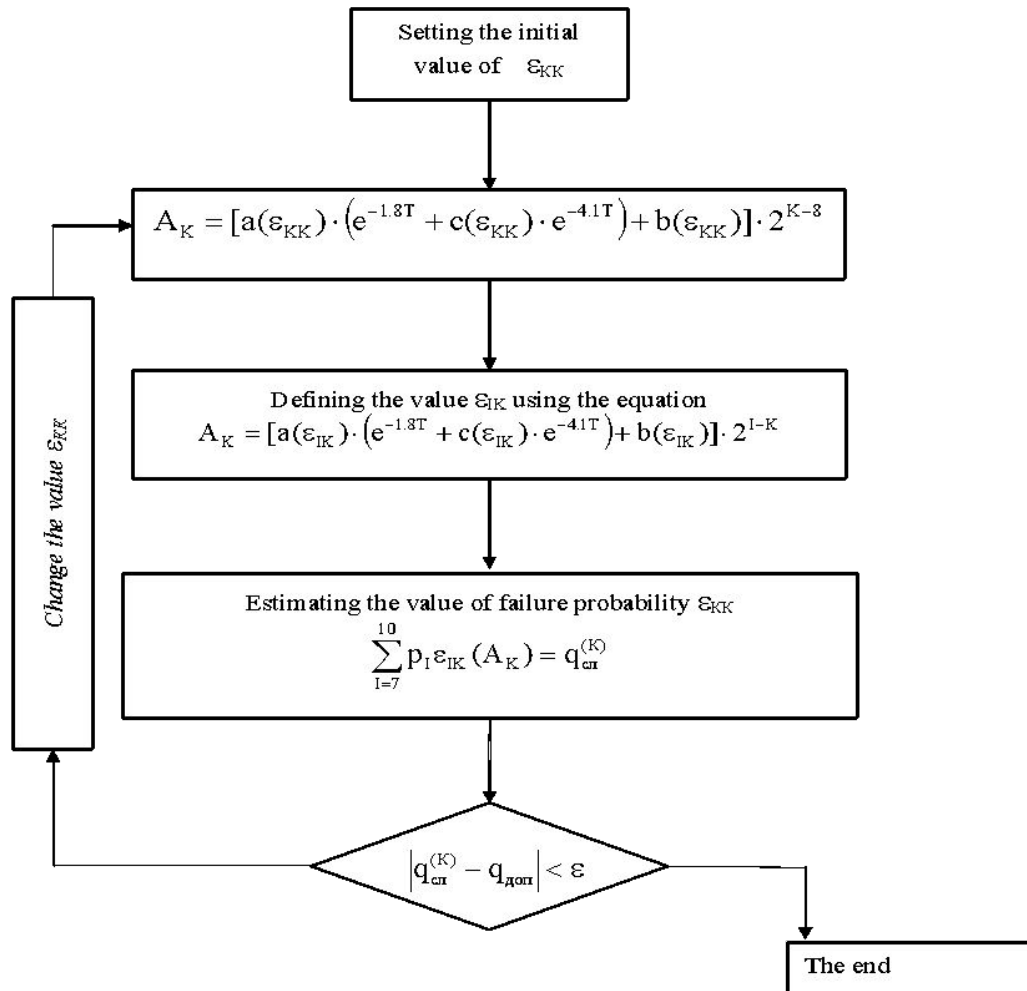
Срок службы сооружения, годы	Преобладающий период воздействия, с	Повторяемость землетрясений силой I баллов в годах			
		I=7	I=8	I=9	I=10
50	0.4	200	1000	6000	$\infty$



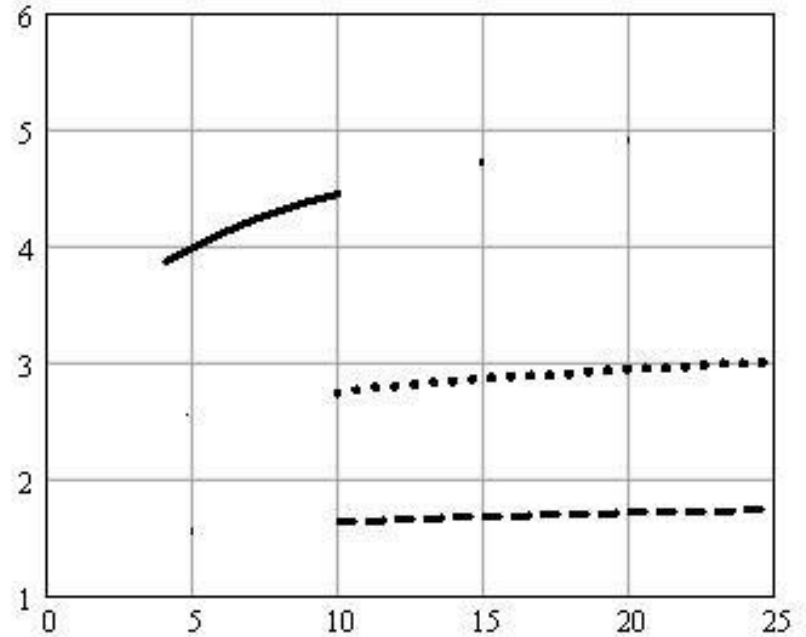
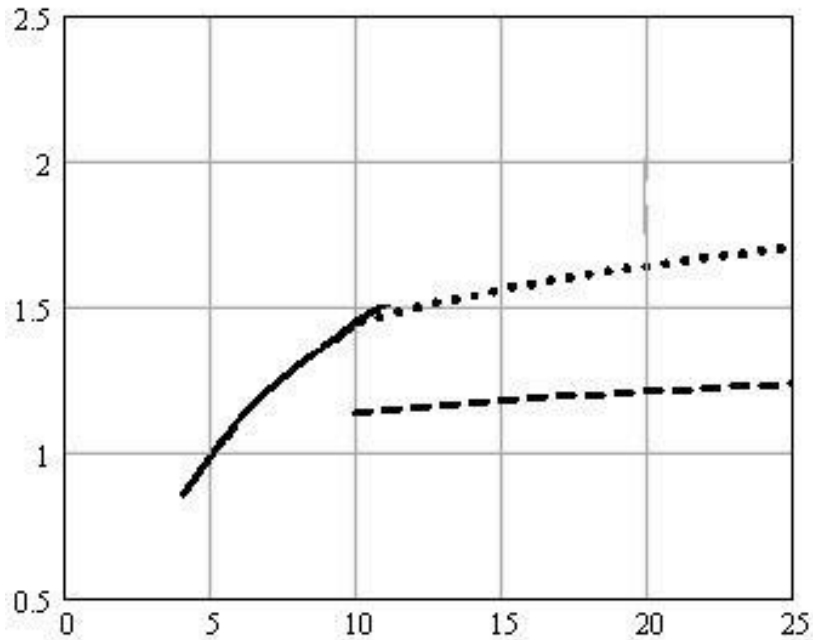


# ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ РАСЧЕТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

The flow block of estimating the earthquake input level



# ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ РАСЧЕТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ



- Слева – для ПЗ; справа – для МРЗ
- Сплошная – для обычных зданий с  $T=0.3-0.4$  с
- Точечная – для высотных зданий с  $T=0.8-1.4$  с
- Пунктир – для сейсмоизолированных зданий с  $T=2.8-3.4$  с

# РЕЗЮМЕ

1. Для высотных зданий необходимо индивидуально задавать уровень сейсмического воздействия. Повышенная этажность ведет к необходимости увеличения уровня воздействия по сравнению с обычными зданиями. Низкая резонансная частота ведет к снижению расчетного уровня воздействия. Для ПЗ определяющим оказывается первый фактор и уровень воздействия повышается примерно на 2% на этаж. Для МРЗ определяющим оказывается снижение воздействия за счет его длиннопериодности.
2. Сейсмоизоляция оказывается достаточно эффективной и для высотного строительства. Иногда это единственный метод, обеспечивающий безопасность сооружения. Особенно высока ее эффективность при строительстве на не скальных основаниях.
3. Для сейсмоизолированных высотных зданий определяющим является их кинематический расчет на действие МРЗ.
4. Для обеспечения приемлемого сценария накопления повреждений необходимо иметь адаптивную систему сейсмоизоляции, например, многокаскадное демпфирование или полуактивные системы защиты.
5. Для высотных зданий, имеющих обычно развитую подземную часть и свайный фундамент принципиальными являются геотехнические аспекты. Сейсмоизоляция существенно облегчает решение геотехнических вопросов, в частности, вопросов разжижения грунта.