

Континуальная теория сейсмического районирования



Алешин А.С.



ИФЗ РАН

Москва

СОДЕРЖАНИЕ ДОКЛАДА

Введение. Основная задача СМР

1. Непрерывность сейсмических воздействий
2. Непрерывность свойств грунта
3. Что такое "средний грунт"?
4. Непрерывность спектров

Заключение. Предложения к нормам

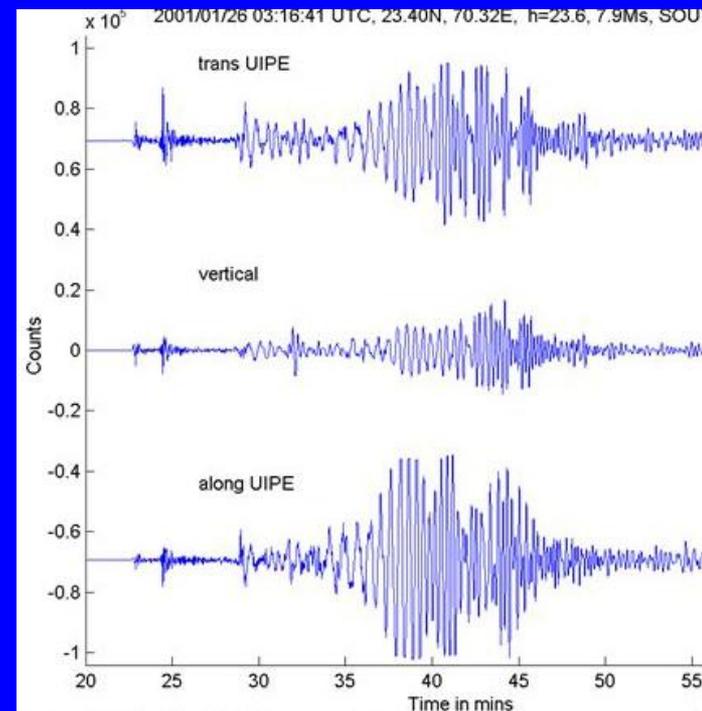
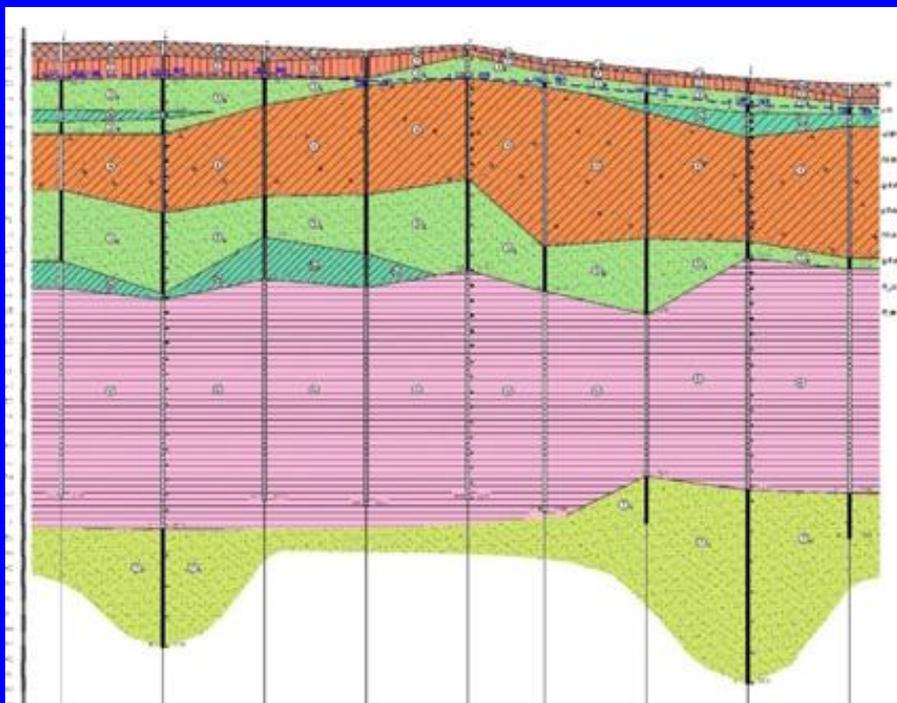
Задача сейсмического микрорайонирования: сопоставление свойств среды и землетрясений

Хотя свойства среды и параметры воздействий непрерывны,
для упрощения используются дискретные понятия

категория

и

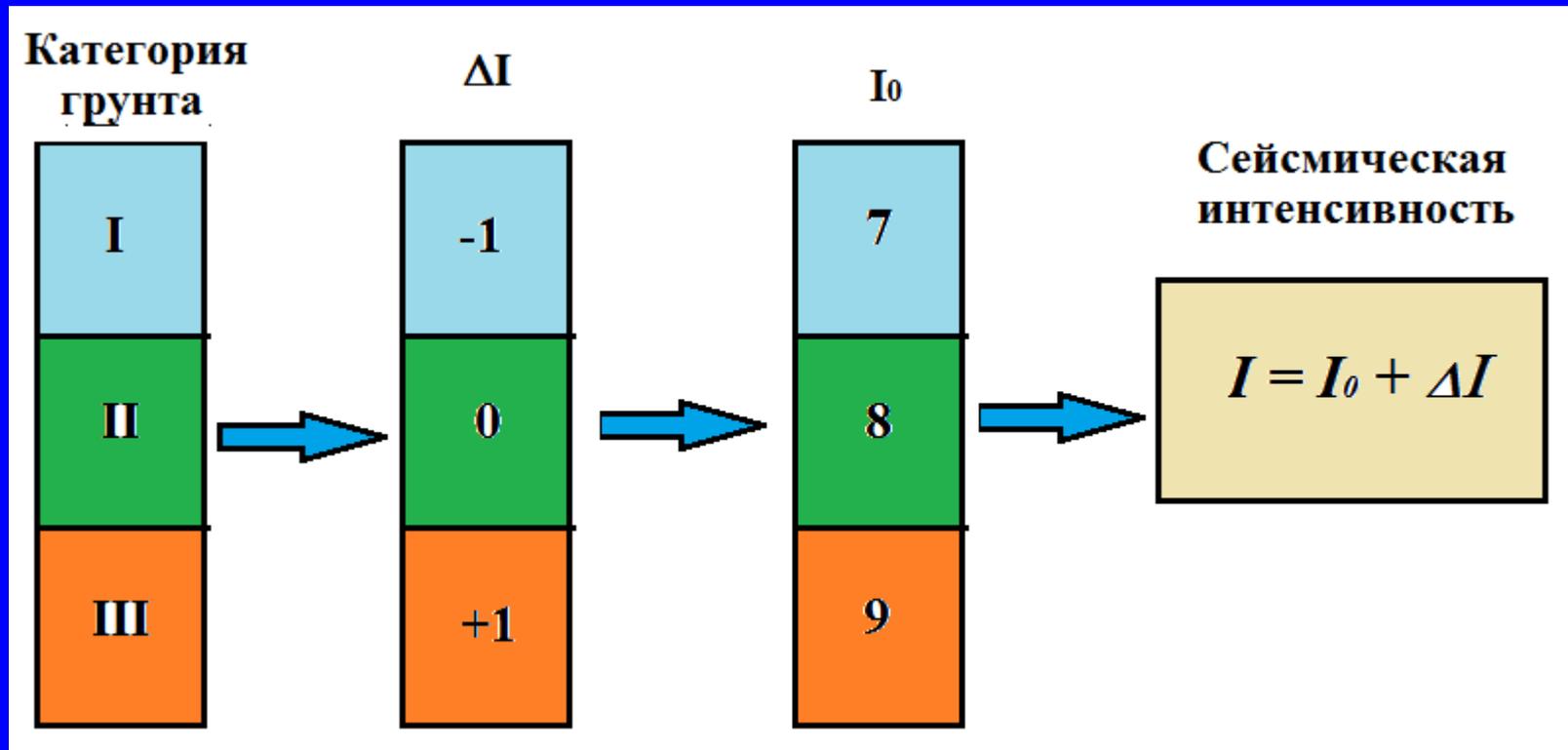
балл



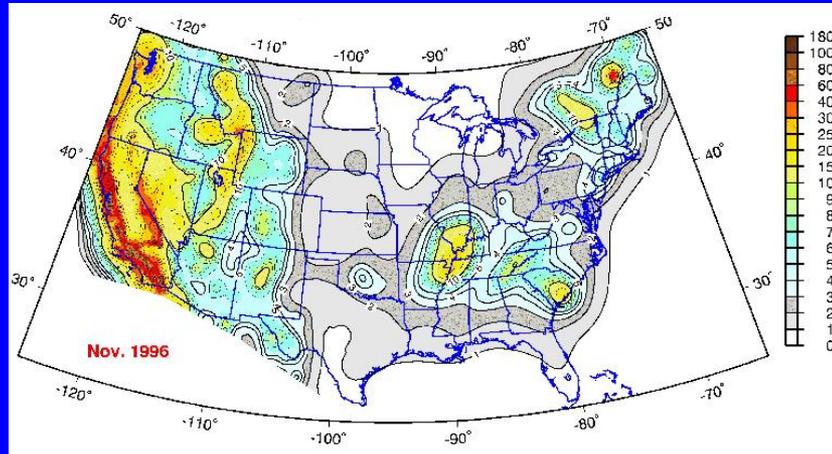
Связь категорий и балла: Таблица Приложения 1

Категория грунта по сейсмическим свойствам	Грунт	Сейсмичность площадки АС $J_{пл}$ при сейсмичности района J_p , балл
I	Скальные грунты всех видов (в том числе многолетнемерзлые и многолетнемерзлые оттаявшие) невыветрелые и слабовыветрелые, крупнообломочные грунты плотные маловлажные, состоящие из магматических пород, содержащие до 30 % песчано-глинистого заполнителя; выветрелые и сильновыветрелые скальные и нескальные твердомерзлые (многолетнемерзлые) грунты при температуре -2°C и ниже при строительстве и эксплуатации по принципу I (сохранение грунтов основания в мерзлом состоянии)	$J_{пл} = J_p - 1$ балл
II	Скальные грунты выветрелые и сильновыветрелые, в том числе многолетнемерзлые, кроме отнесенных к I категории; крупнообломочные грунты, за исключением отнесенных к I категории, пески гравелистые, крупные и средней крупности плотные и средней плотности маловлажные и влажные; пески мелкие и пылеватные плотные и средней плотности маловлажные; глинистые грунты с показателем консистенции $j_L \leq 0,5$ при коэффициенте пористости $e < 0,9$ - для глин и суглинков и $e < 0,7$ - для супесей; многолетнемерзлые нескальные грунты пластичномерзлые или сыпучемерзлые, а также твердомерзлые при температуре выше -2°C при строительстве и эксплуатации по принципу I	$J_{пл} = J_p$
III	Пески рыхлые, независимо от влажности и крупности, пески гравелистые, крупные и средней крупности, плотные и средней плотности влажные и водонасыщенные, глинистые грунты с показателем консистенции $j_L > 0,5$, тинистые грунты с показателем консистенции $j_L \leq 0,5$ при коэффициенте пористости $e \geq 0,9$ - для глин и суглинков и $e \geq 0,7$ - для супесей, многолетнемерзлые нескальные грунты при строительстве и эксплуатации по принципу II (допущения оттаивания грунтов основания)	$J_{пл} = J_p + 1$ балл

Схема СМР – дискретная модель



Оценка сейсмических воздействий непрерывными параметрами



Картируемые параметры

 S_s
 S_l
 T_l

Учет грунтовых условий

$$F_a; S_{MS} = S_s * F_a$$

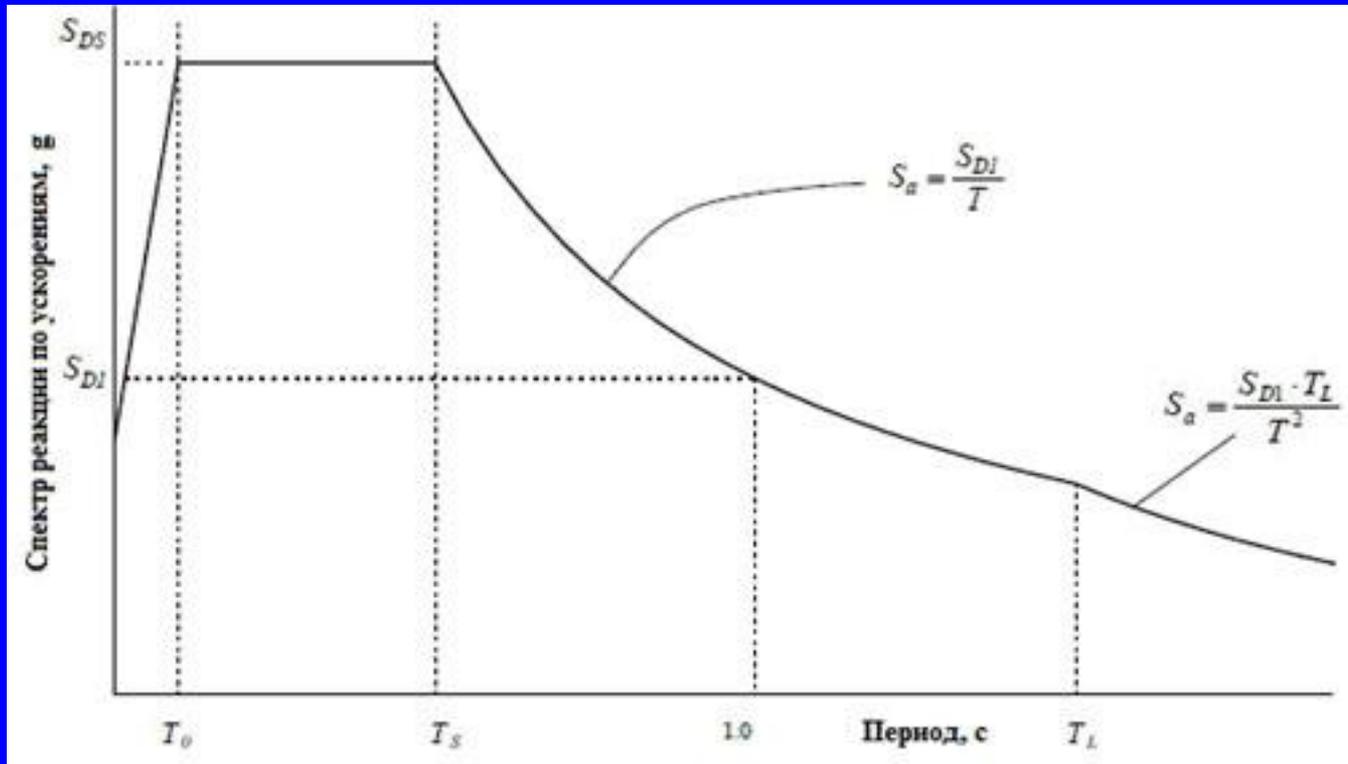
$$F_v; S_{ML} = S_l * F_v$$

Инженерные величины

$$S_{DS} = 2/3 S_{MS}$$

$$S_{DL} = 2/3 S_{ML}$$

Спектр реакции сейсмических колебаний



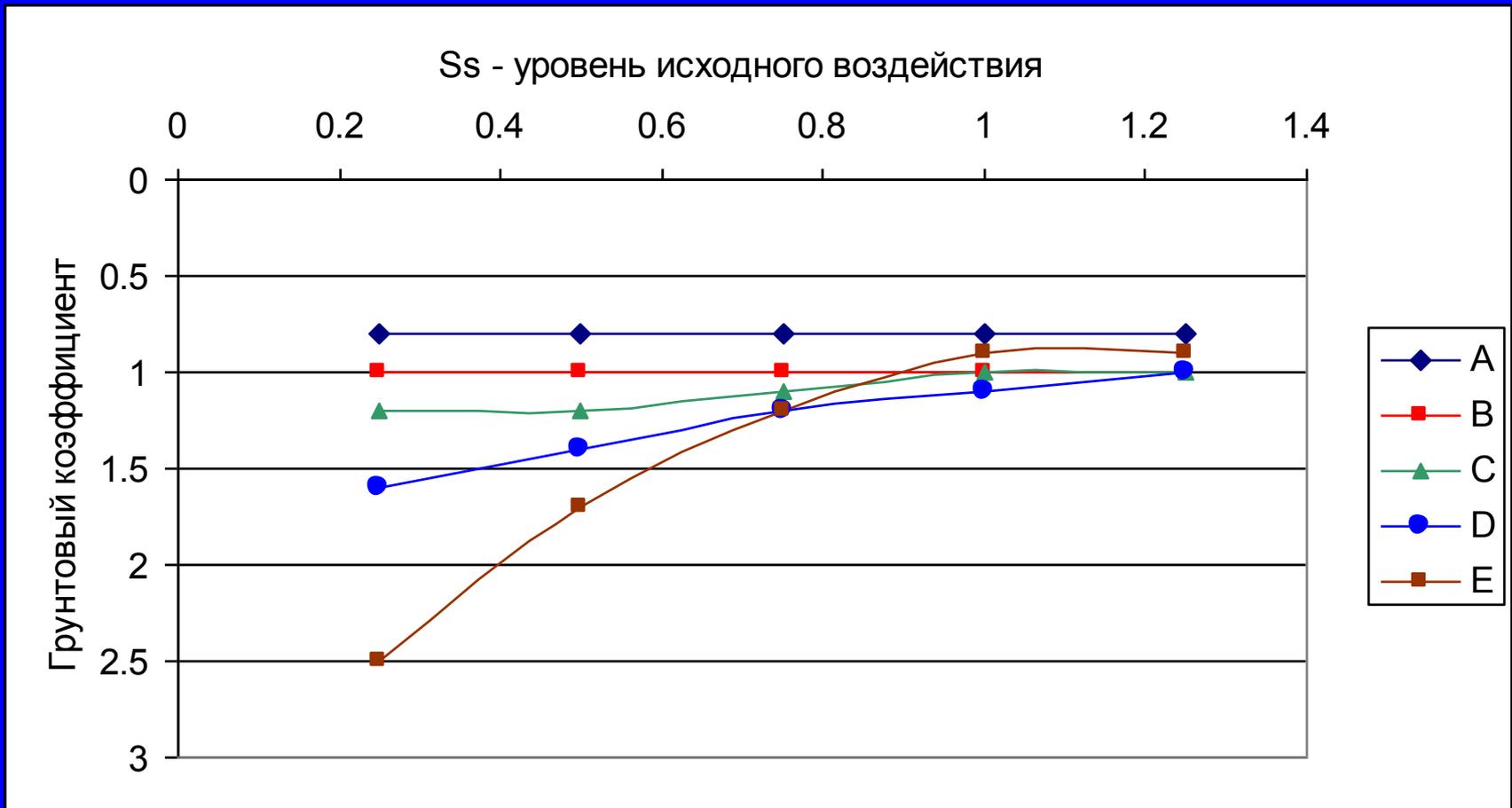
Коэффициенты грунтовых условий F_a (для короткопериодной части спектра)

Класс грунта	Исходная спектральная плотность				
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.5$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1$	$S_s \geq 1.25$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9

Коэффициенты грунтовых условий F_v (для длиннопериодной части спектра)

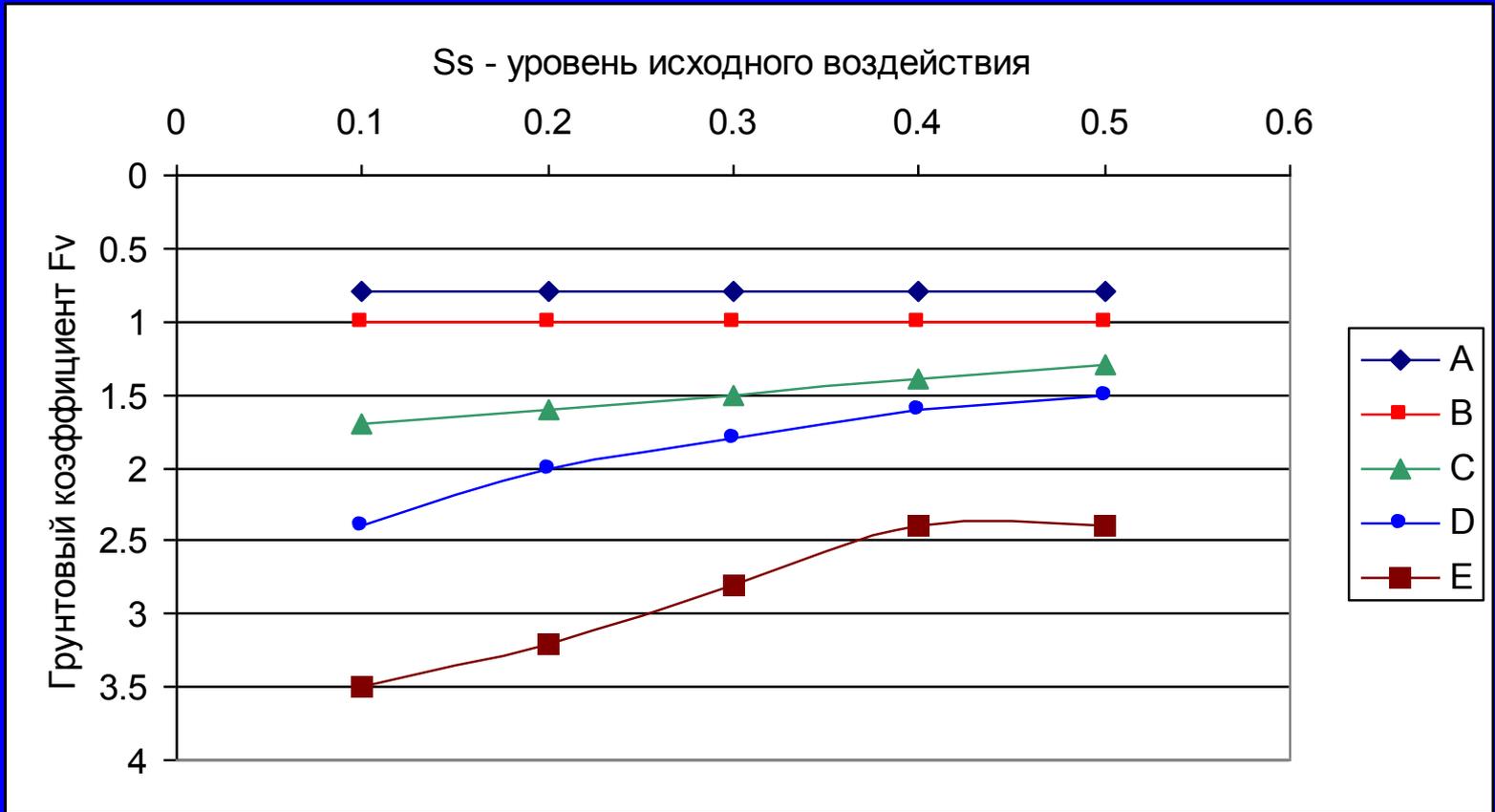
Класс грунта	Исходная спектральная плотность				
	$S_l \leq 0.1$	$S_l = 0.2$	$S_l = 0.3$	$S_l = 0.4$	$S_l \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4

Коэффициенты F_a короткопериодной ($T=0,3$ сек) части спектра реакции



A, B, C, D, E – категории грунта

Коэффициенты F_v длиннопериодной ($T=1$ сек) части спектра реакции

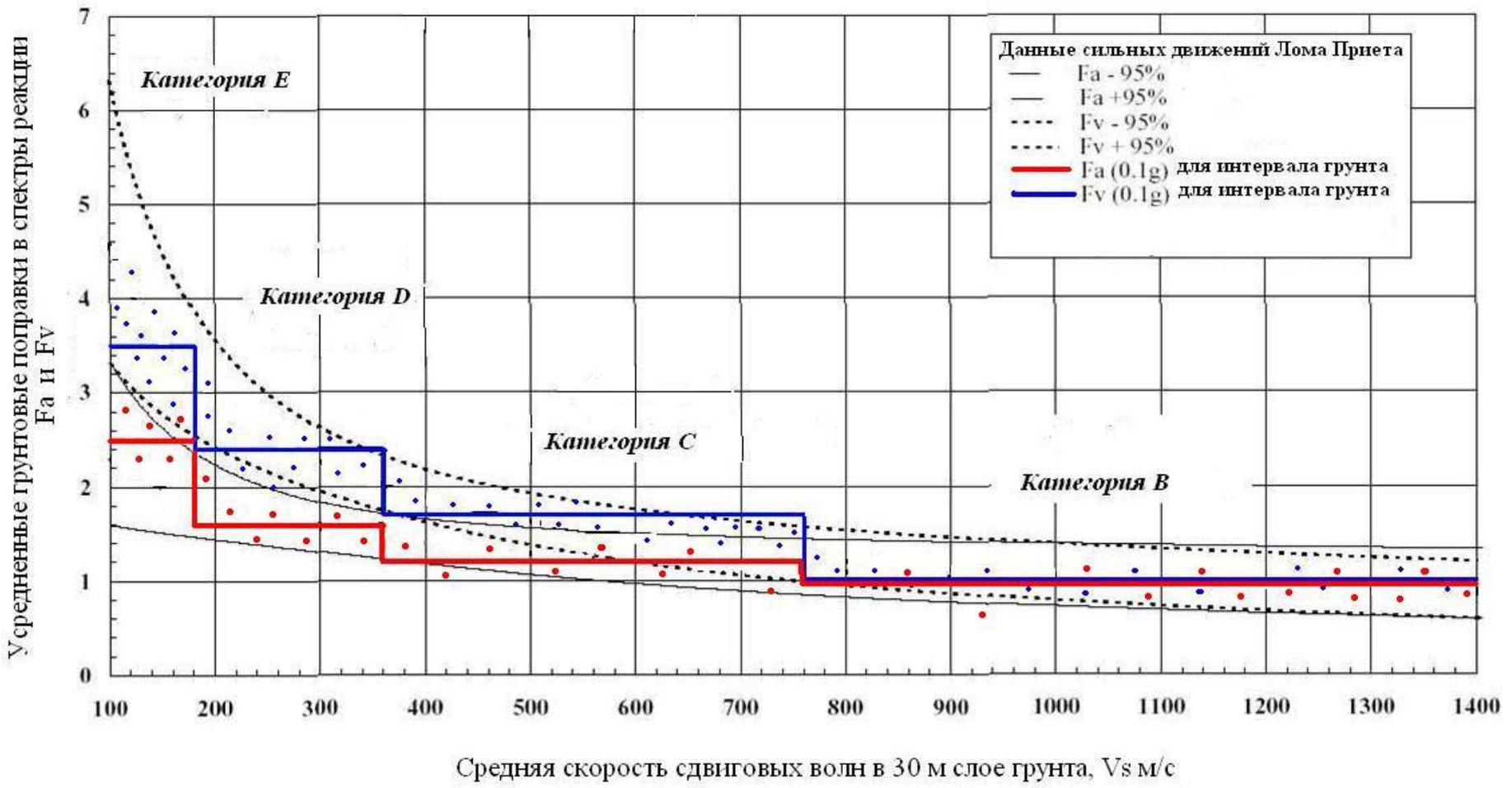


A, B, C, D, E – категории грунта

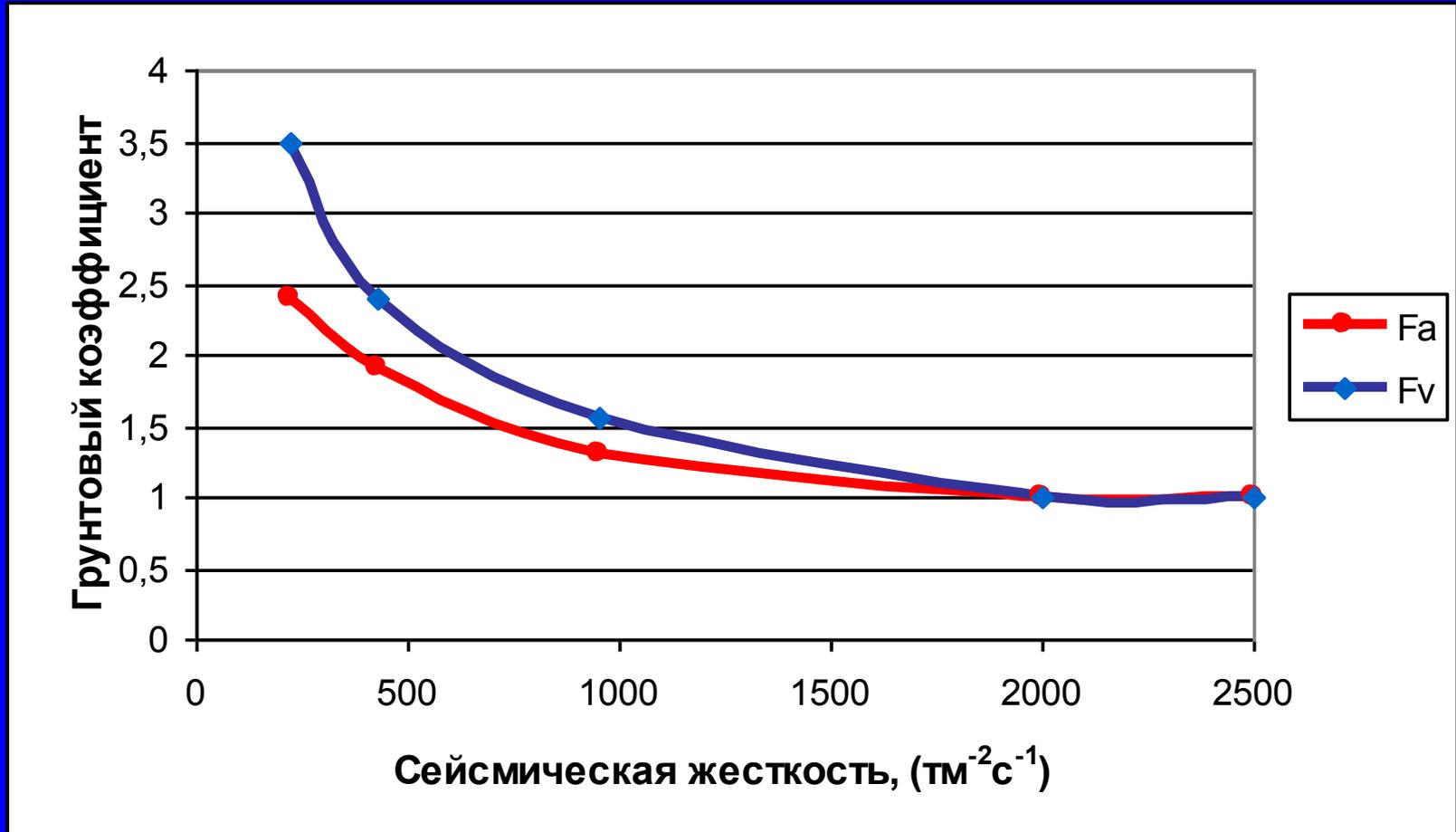
Категории грунта по классификации *NEHRP, 2003.*

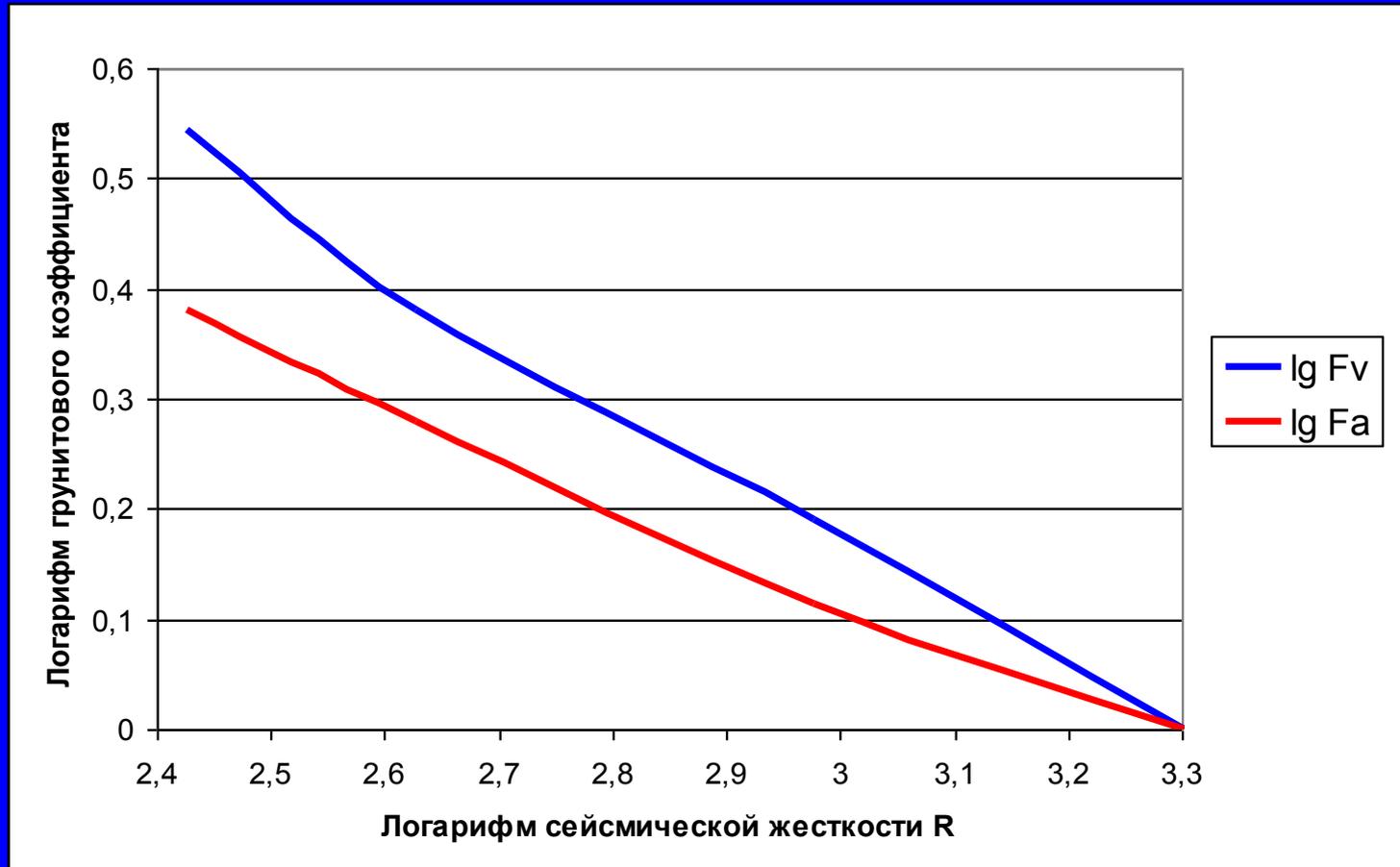
Класс грунта	Описание грунта	Скорость поперечных волн \bar{V}_s в верхних 30 м грунта, м/с	Сопротивление стандартному пенетрометру N , ударов/фут	Сдвиговая прочность недренированного грунта, кПа
A	Прочный скальный грунт	>1500	—	—
B	Скальный грунт	760-1500	—	—
C	Очень плотный дисперсный или трещиноватый скальный грунт	360 - 760	>50	> 100
CD	Грунт со свойствами, промежуточными между классами C и D	270 - 555	15-50	50-100
D	Плотный дисперсный грунт	180-360	15-50	50-100
DE	Грунт со свойствами, промежуточными между классами D и E	90 - 270	15-50	50-100
E	Рыхлый дисперсный грунт	<180	<15	<50
F	Особый грунт, требующий специального изучения	—	—	—

Зависимость грунтовых поправок от категорий грунта



Определение грунтовых коэффициентов по сейсмической жесткости



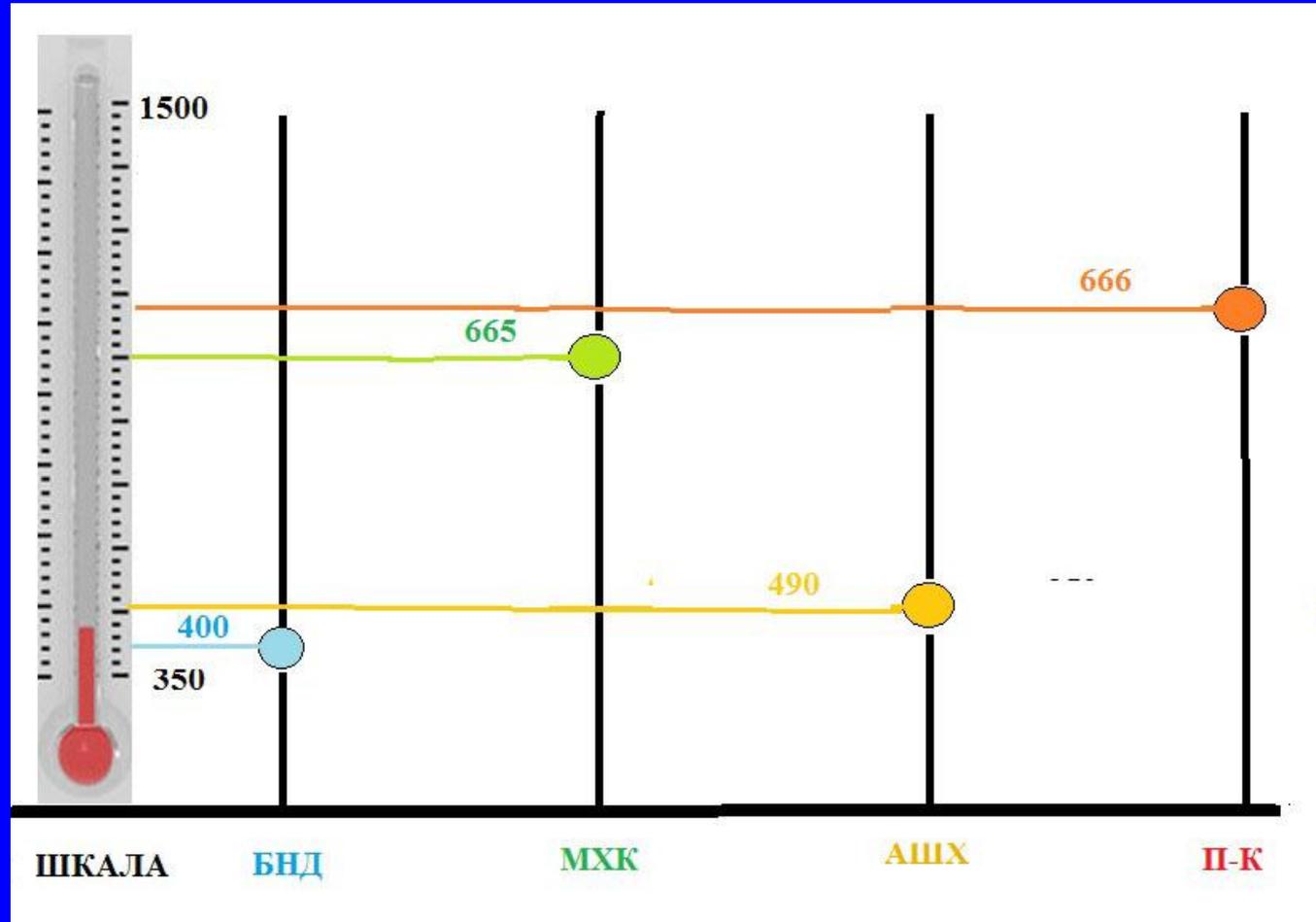
Зависимости $\lg F_a$ и $\lg F_v$ от $\lg R$ 

$$\lg F_a = -0,4 \lg R + 1,32$$

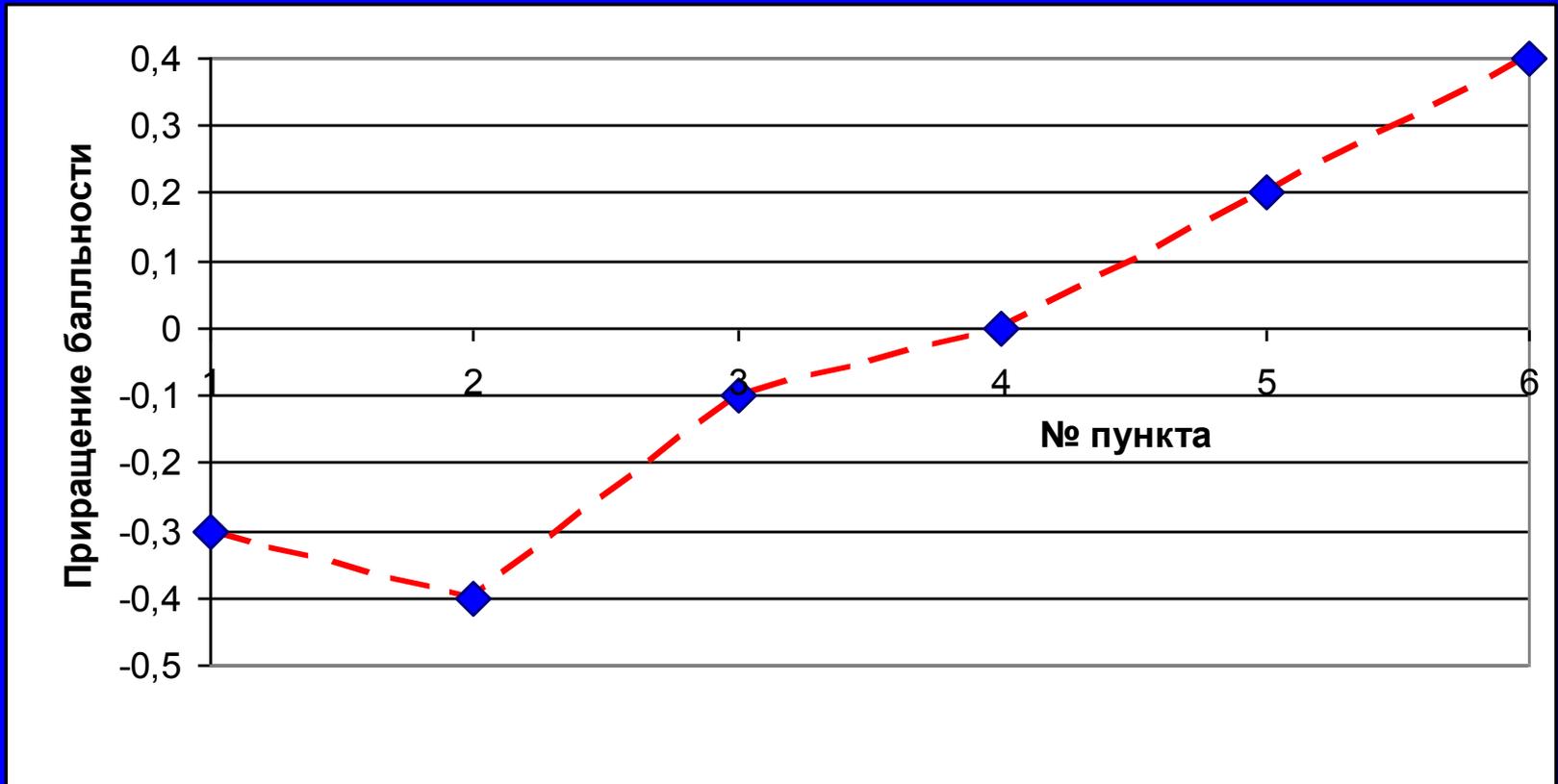
$$\lg F_v = -0,6 \lg R + 2$$

R в $\tau/(\text{с м}^2)$

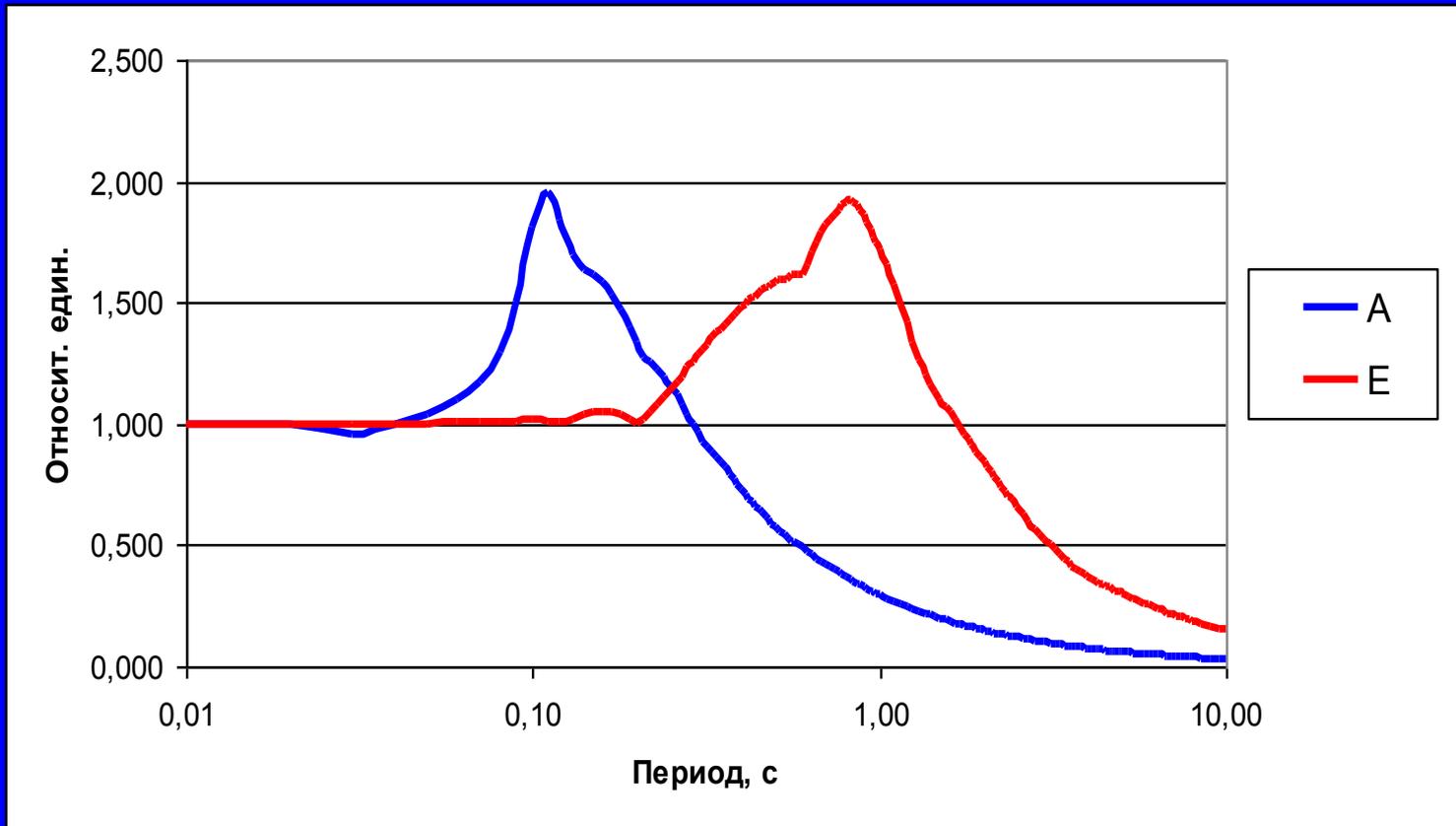
Сейсмическая жесткость "среднего грунта" для разных городов



Вариации приращений сейсмической интенсивности
для "средних грунтов" г. Бендеры



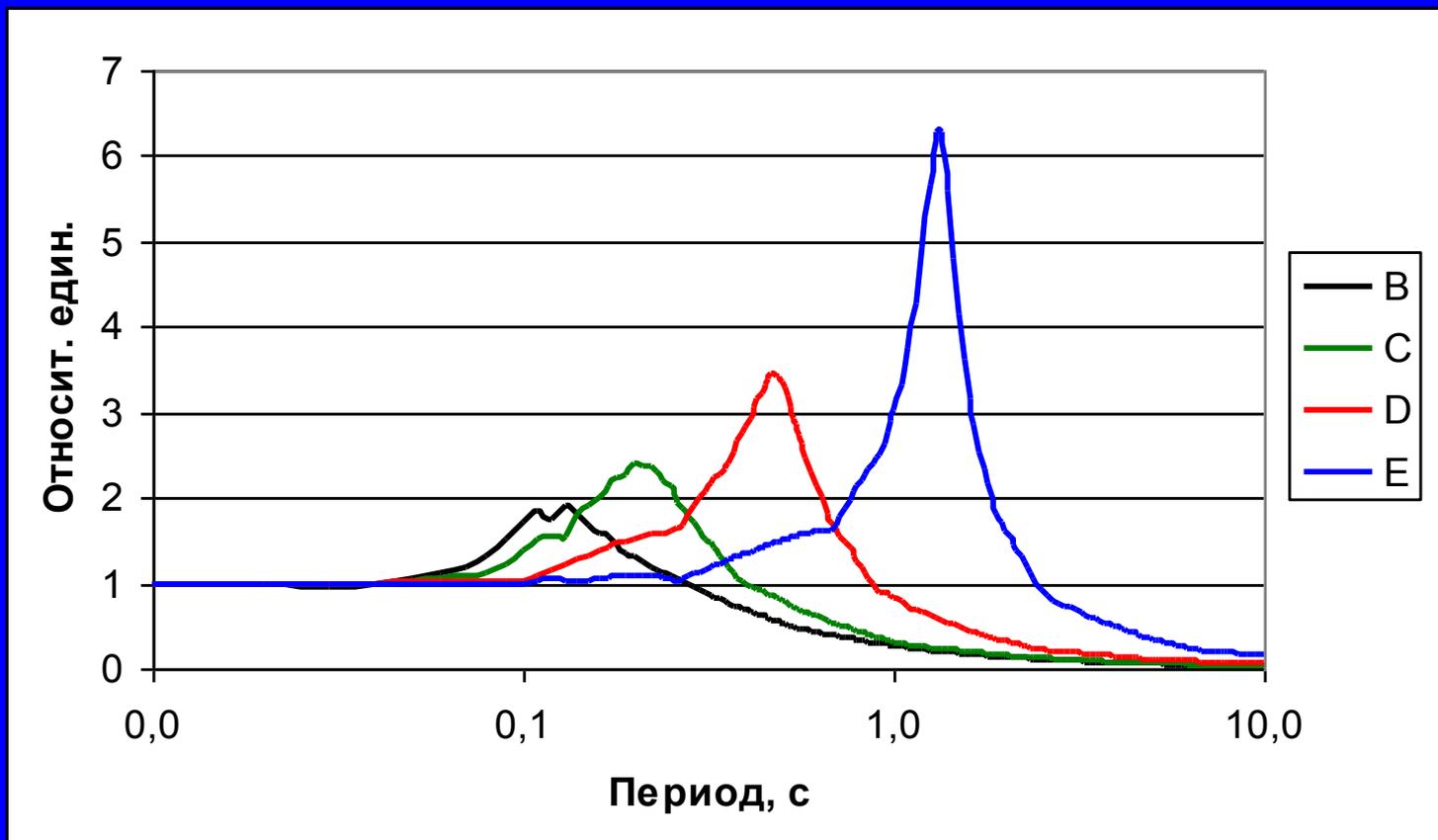
Свойства грунта не влияют на вид коэффициента динамичности,
если в разрезе нет условий резонанса



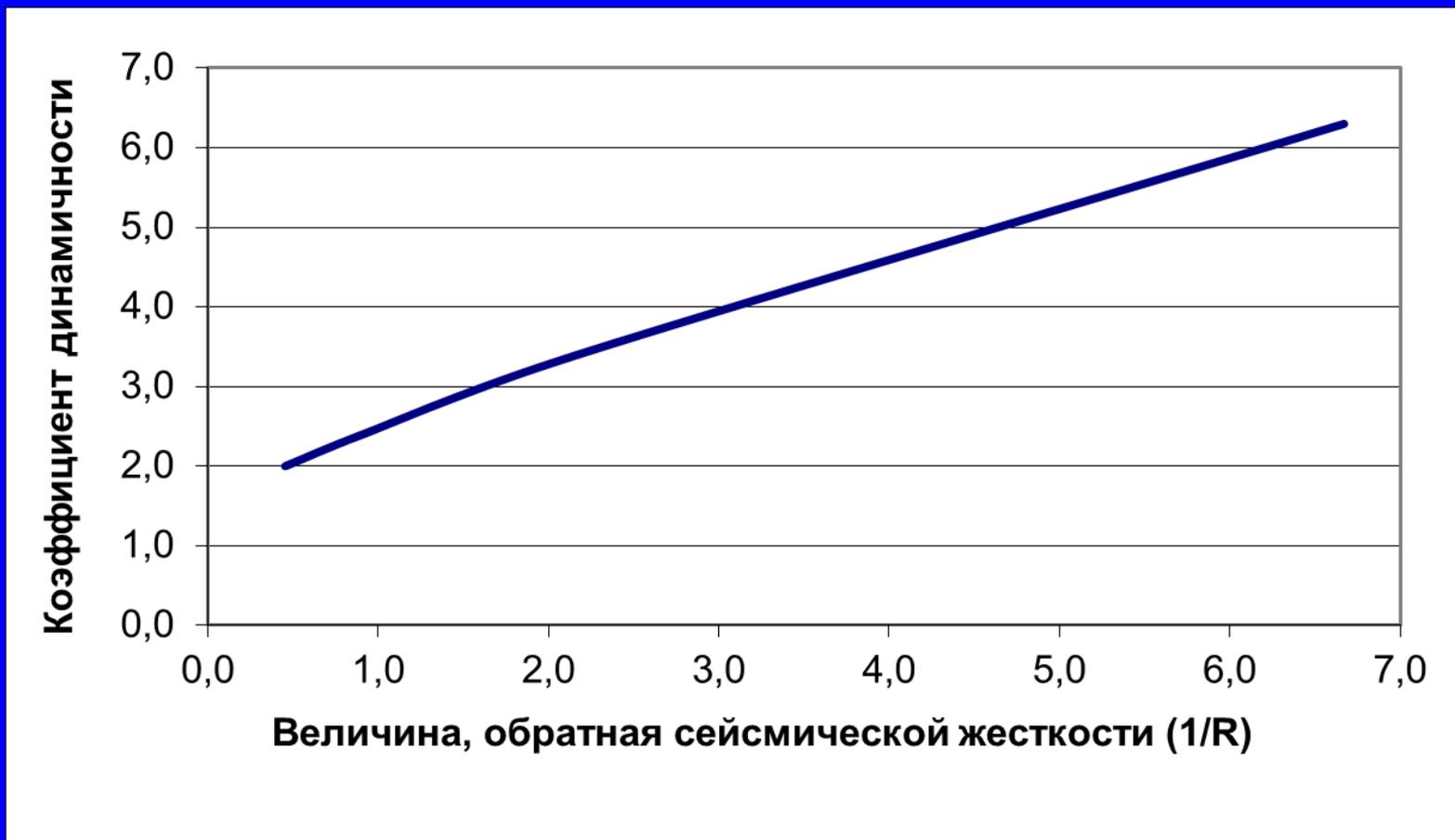
$$R(A) = 2,4 T/m^3 \times 1700 \text{ м/с}$$

$$R(E) = 1,5 T/m^3 \times 133 \text{ м/с}$$

**30-метровый слой рыхлых грунтов подстиляется
жестким полупространством**



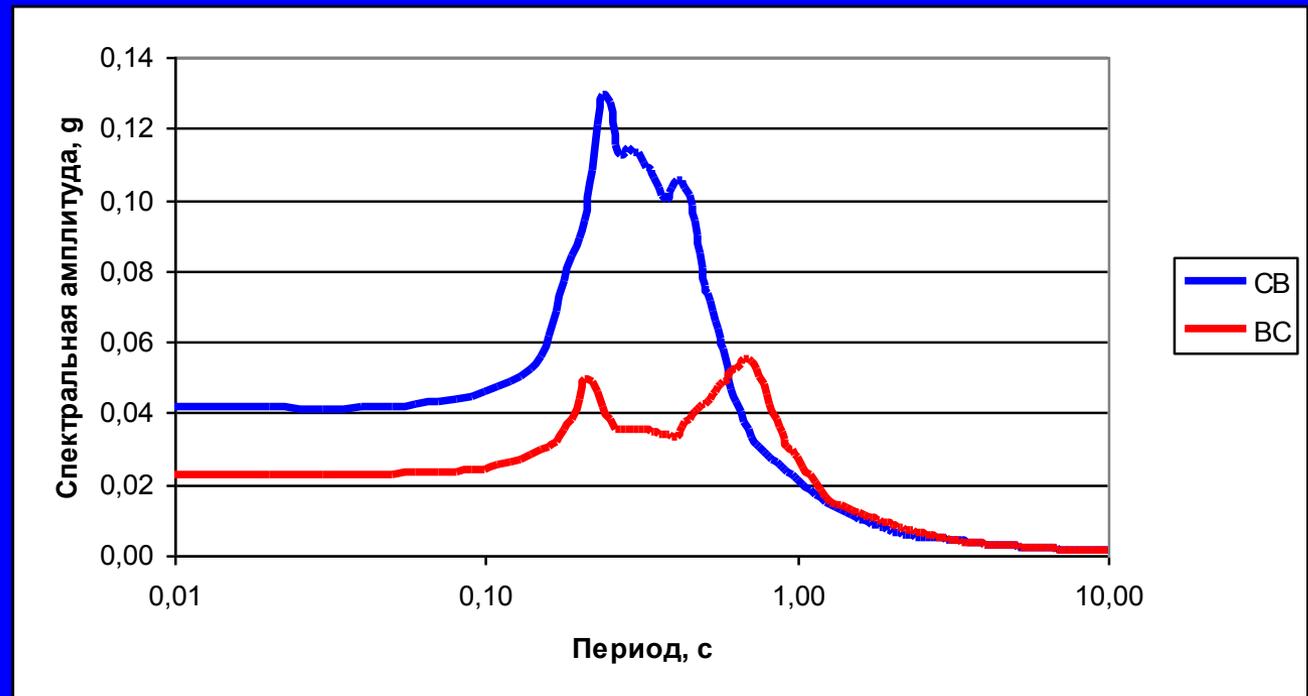
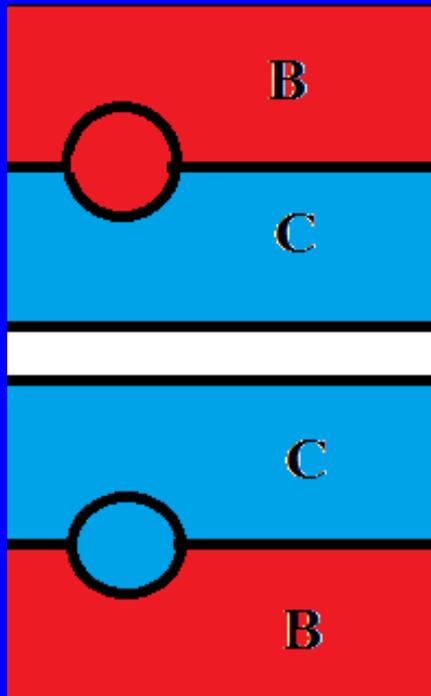
Зависимость коэффициента динамичности от «мягкости»: (1/R)



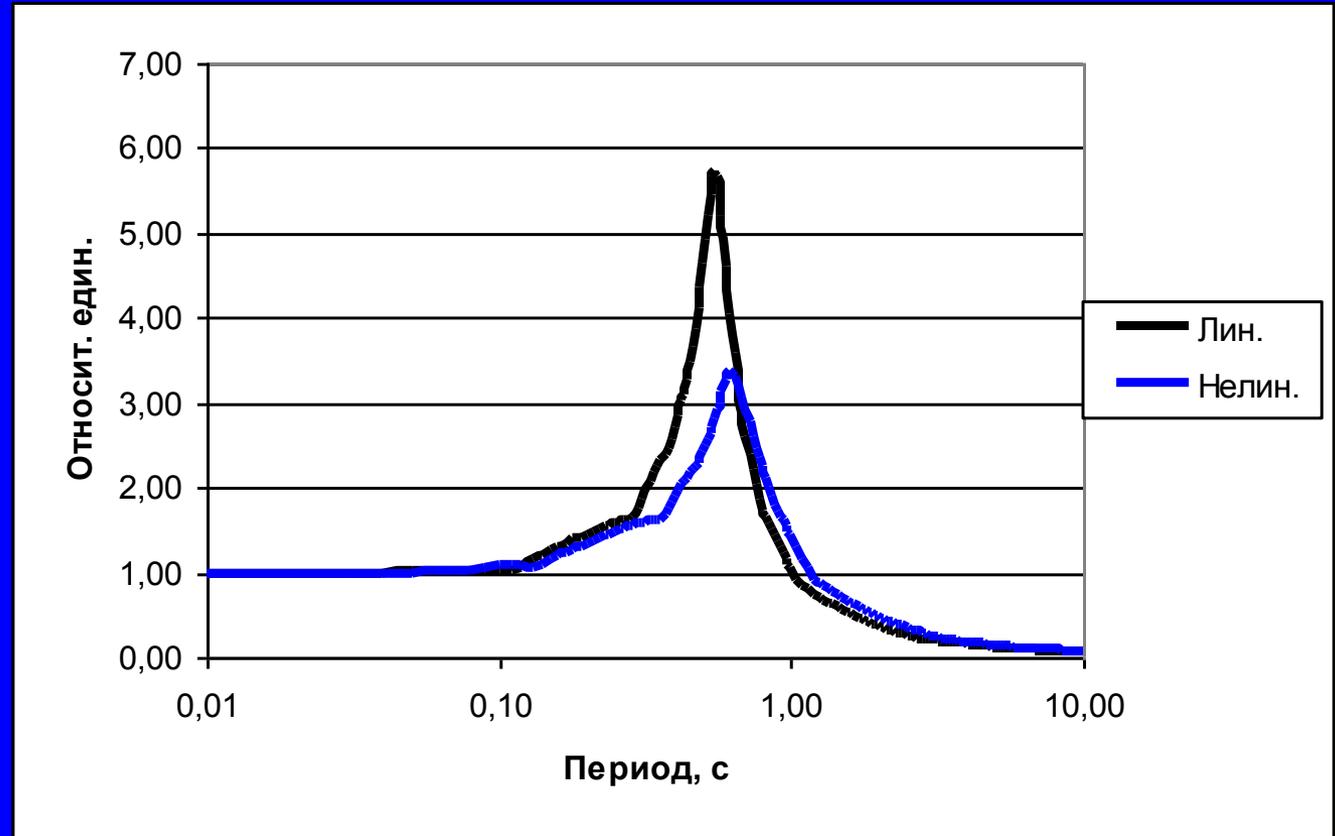
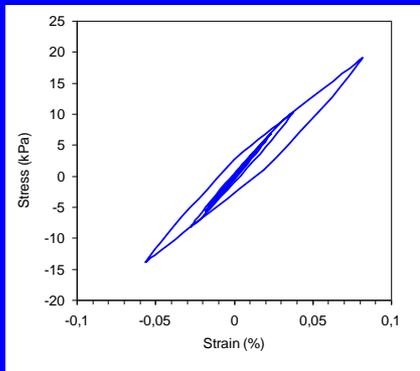
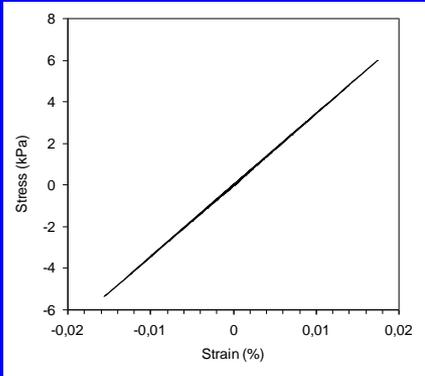
Размерность R ($\tau \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$) * 10^{-3}

$$\beta = 0,7(1/R) + 1,7$$

Спектральные характеристики грунтовой толщи определяются структурой слоев



Влияние нелинейности на коэффициент динамичности



ВЫВОДЫ ПО ДОКЛАДУ

- 1. Параметры сейсмических колебаний и грунтового массива непрерывно распределены в пространстве.**
- 2. Основным параметром грунтового массива является сейсмическая жесткость.**
- 3. Влияние свойств грунтового массива на параметры сейсмических колебаний описывается грунтовыми коэффициентами.**
- 4. Спектральные сейсмические свойства грунтового массива описываются коэффициентом динамичности.**
- 5. Предложены простые формулы, определяющие величины грунтовых коэффициентов и коэффициентов динамичности через значения сейсмической жесткости**

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ДЛЯ НОРМ

1. Вместо балла использовать непрерывно распределенные физические величины - ускорения, периоды и длительности сейсмических колебаний.
2. При описании свойств грунтового массива использовать сейсмическую жесткость, что адекватно характеризует непрерывность свойств грунтового массива и делает ненужным понятие грунтовых категорий.
3. Для учета влияния свойств грунта на сейсмическую интенсивность использовать грунтовые коэффициенты.
4. В качестве "референтного" грунта принять грунты повышенной сейсмической жесткости, что позволит избежать влияния нелинейности свойств грунтов при сильных сейсмических воздействиях.
5. Предложены формулы, определяющие грунтовые коэффициенты через значение сейсмической жесткости R .
6. Вместо нормативных коэффициентов динамичности использовать значения, определенные на основе расчетов моделей грунтовых толщ.

Спасибо за внимание !