

# Нелинейные методы и средства расчетов

Нелинейное моделирование

# Виды нелинейности

- Физическая – нелинейная связь между усилиями и перемещениями
- Геометрическая – большие перемещения при малых усилиях
- Конструктивная – изменение конструктивной схемы при нагружении

# Методы расчета

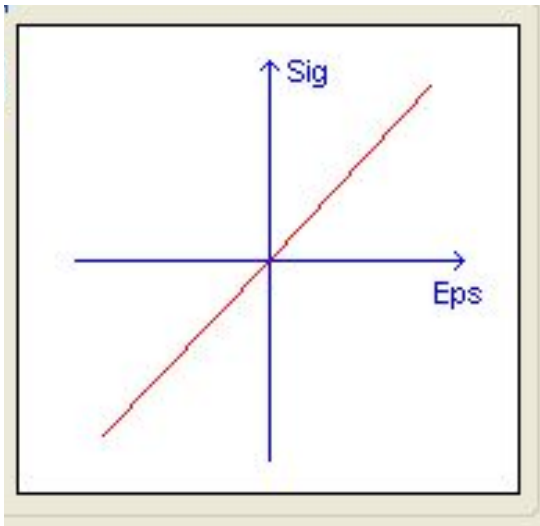
- **Шаговый метод.** Задачи физической и геометрической нелинейности.
- **Монтаж.** Моделирование НДС с учетом монтажа и демонтажа конструкций.
- **Инженерная нелинейность.**  
Приближенный метод учета физической нелинейности при проектировании зданий и сооружений.

# Физическая нелинейность

- Линейность – прямая пропорциональность между нагрузками и перемещениями, деформациями и напряжениями (Закон Гука  $\sigma = \epsilon E$ )
- Нелинейность физическая – функциональная (экспоненциальная, кусочно линейная) между нагрузками и перемещениями, деформациями и напряжениями ( $\sigma = \epsilon E(\sigma)$ )

# Диаграммы деформирования материалов

а



б

Закон нелинейного деформирования

№ записи: 1

11 - экспоненциальный закон деформирования

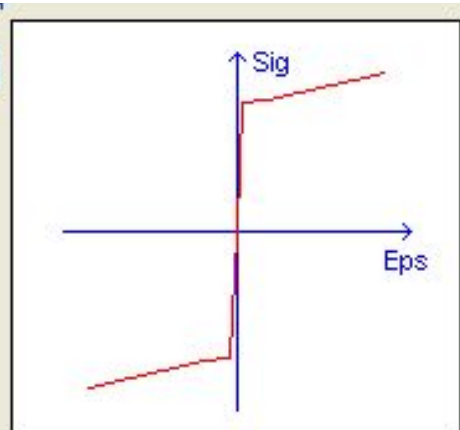
Комментарий:

Параметры закона нелинейного деформирования

Параметры	Значения	
$E_0(-)$	10000	МПа
$E_0(+)$	10000	МПа
$\sigma(-)$	-10	МПа
$\sigma(+)$	1	МПа
$\epsilon(-)$	-0.01	
$\epsilon(+)$	0.001	
К		

A graph showing a non-linear stress-strain relationship. The curve is symmetric about the origin, with a sharp increase in stress as strain increases, characteristic of an exponential law. The vertical axis is labeled Sig and the horizontal axis is labeled Eps.

в



г

Основной материал | Армирующий материал  Учитывать пол

Закон нелинейного деформирования

№ записи: 3

15 - экспоненциальный закон деформирования д

Комментарий:

Параметры закона нелинейного деформирования

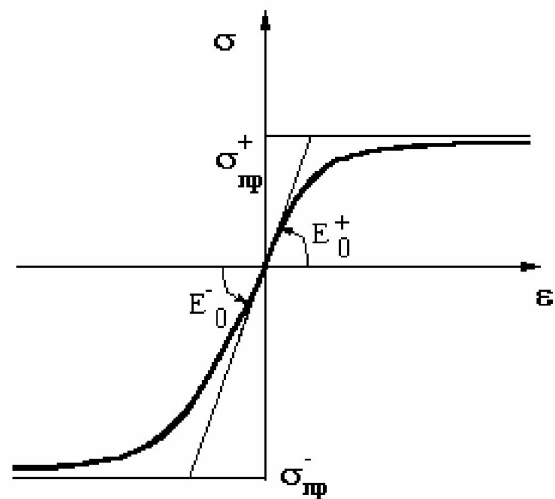
Параметры	Значения	
$E_0(-)$	-20000	МПа
$E_0(+)$	20000	МПа
$\sigma(-)$	-400	МПа
$\sigma(+)$	400	МПа
$\epsilon(-)$	-0.02	
$\epsilon(+)$	0.02	

A graph showing a non-linear stress-strain relationship. The curve is symmetric about the origin and follows an exponential-like path. Dashed lines indicate the limits of the material's behavior, showing a sharp drop in stress after reaching a peak, representing a failure point. The vertical axis is labeled Sig and the horizontal axis is labeled Eps.

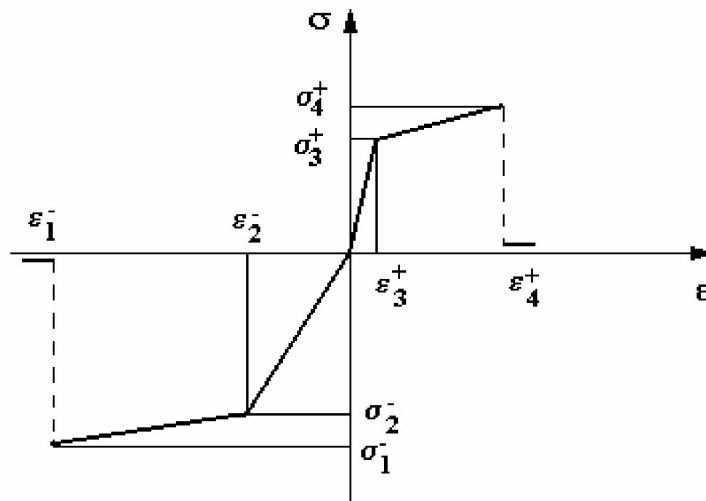
# Законы нелинейного деформирования

- 11 – экспоненциальный закон
- 14 - Кусочно-линейный закон деформирования
- 15 – экспоненциальный закон деформирования для железобетона
- 21 – экспоненциальный (нормативная прочность) закон деформирования
- 25 - экспоненциальный (нормативная прочность) закон деформирования
- 31 - экспоненциальный (расчетная прочность) закон деформирования
- 35 - экспоненциальный (расчетная прочность) закон деформирования

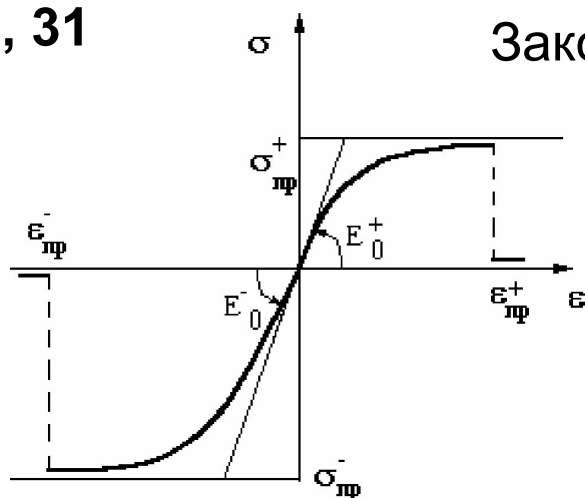
# Графический вид законов деформирования



Законы 11, 21, 31



Закон 14



Законы 15, 25, 35

# Арматурные включения в стержнях. Параметры арматуры

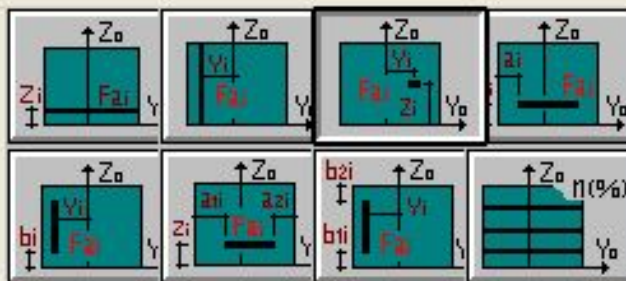
Характеристики физической нелинейности стержней

Тип арматурных включений

Номер слоя арматуры

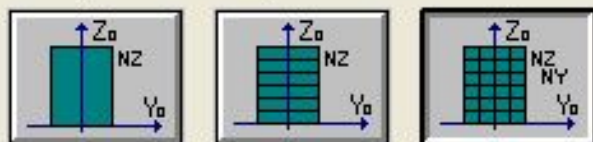
$F_a$    $\text{см}^2$  у   $\text{см}$

z   $\text{см}$



Точечная арматура

Типы дробления поперечного сечения



Дробление на элементарные прямоугольники

NZ

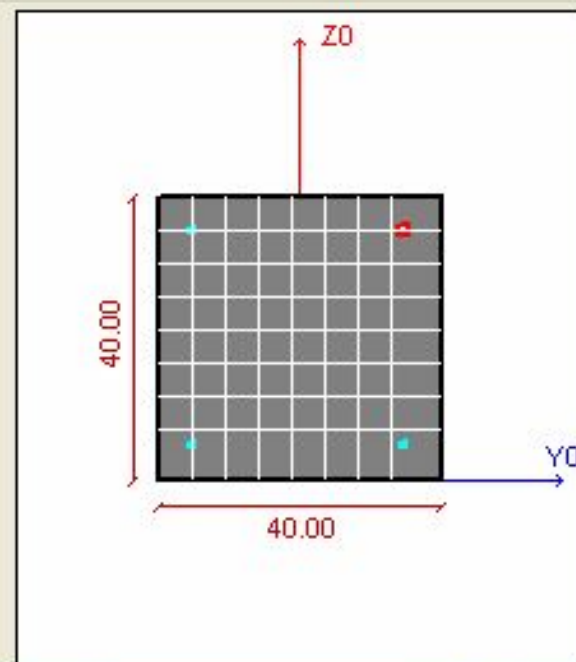
NY

Подтвердить

Нарисовать

Отменить

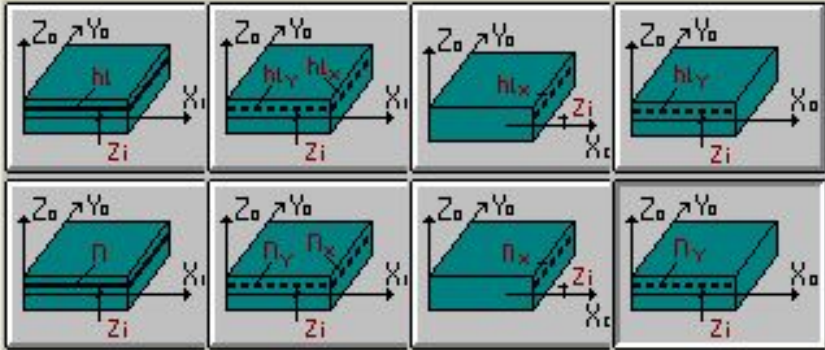
Справка





# Арматурные включения в пластинах

Тип арматурных включений

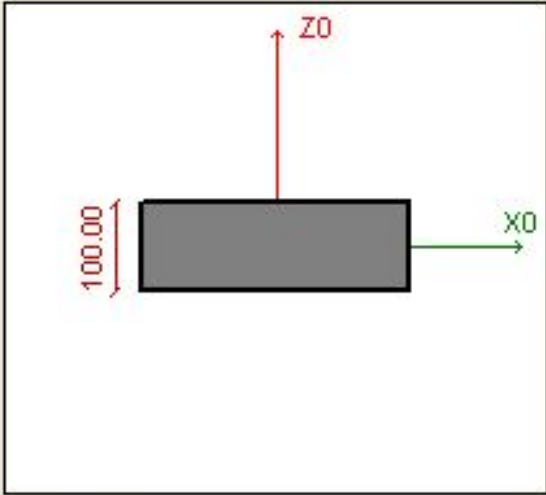


Арматура стержневого типа  
(эквивалент стержневой арматуры осевой ориентации в % армирования)

Номер слоя арматуры

$N_y$   %

$z$   см



Подтвердить    Отменить  
Нарисовать    Справка

# Моделирование нелинейных нагрузжений

