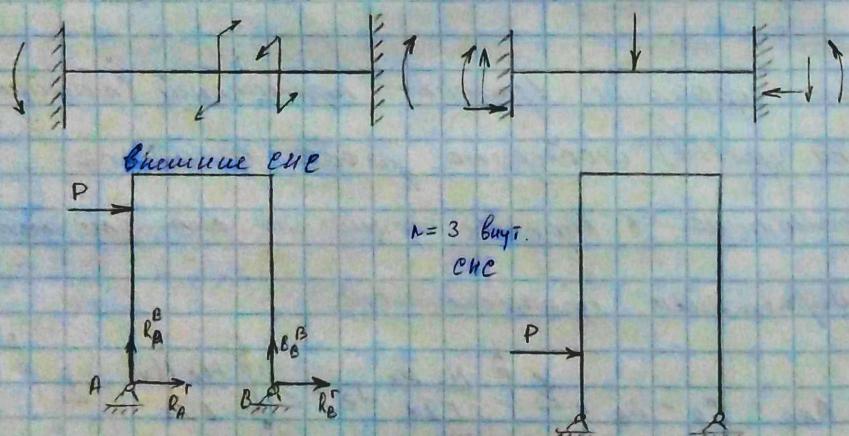


## Глава 6 Статически неоднородные схемы (СНС)

### § 1 Понятие СНС

Статически неоднородными называются схемы, в которых при определении статических усилий и их спиральные внутренние усилия производимо оных лишь уравнений статики 1, для плоской схемы уравнений статики - 3)

СНС бывают внешне и внутренне статически неоднородными.



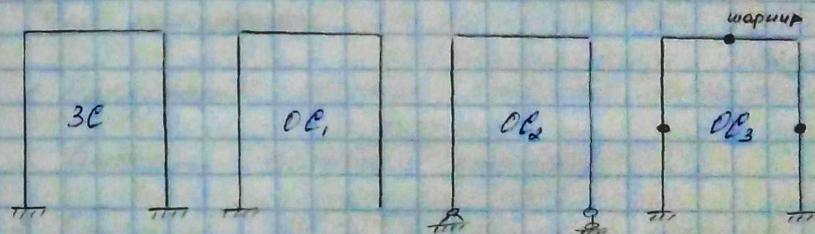
$$n - \text{степень статической неоднородности} = \\ = \text{кол-во сил/сиг} - \text{кол-во уравнений} = 4 - 3 = 1$$

который замкнутый контур конструкции присоединяет статически неоднородную

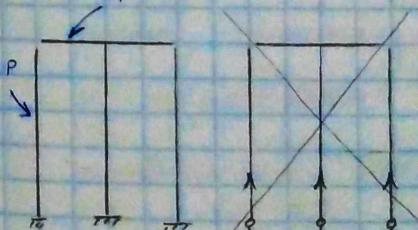
- Для раскрытия статически неоднородных
- 1) в первую очередь определяют СНЕ
  - 2) во вторую выберут основную схему СНС

### § 2 Выбор основной схемы

Основное значение имеет статически определимая и получаемая из заданной СНС путем отображивания "лишних" структур



$$n = 6 - 3 = 3$$



неверно  
состав  
II

который шарнир уменьшает степень статической неоднородности на единицу (последний учитываемый момент)

### §3 Требования к базовой системе.

1. Обложка быть сплошной ограниченной и компьютерной изображенной, т.е не должна превращаться в макет. Для этого обложки оба по бокам быть II и не должны перекватить в то же
2. Обложка быть или можно более простой и по возможстю сплошной (это упрощает привнесение зерна)

### §4 Рассмотрение статистической испределимости методов для

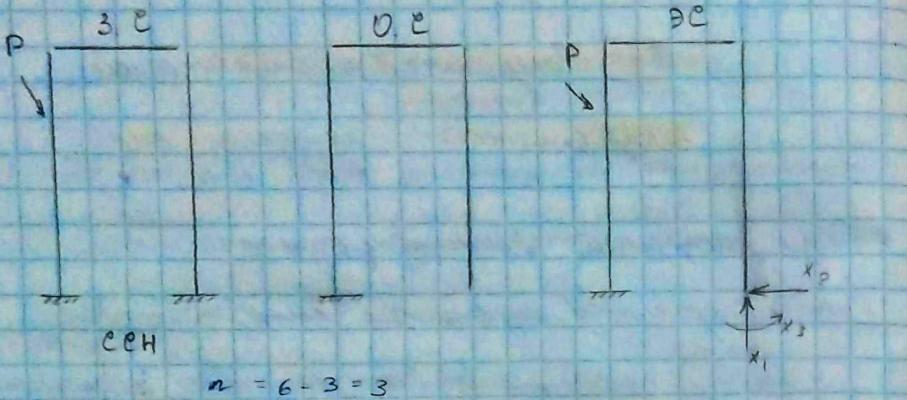
Для раскрытия ВН исподоблено:

- метод для (использованные схемы)
- метод перенесений (использованные письмами и чистые привнесения)

В некоторых случаях исподоблено комбинацию этих методов. Мы будем изучать метод для

Для раскрытия ВН исподоблено необходимо:

1. Выделить отдельно систему исподобленности.
2. Выбрать базовую систему
3. Привести ВН к живописной системе (20) путем привнесения гармонии изображения и использовании цветов в направлении определения, чтобы



4. Напомним на зв. при требованиях рамы должны  
с работать как гармоничную систему

$$(*) \begin{cases} \Delta_1 = 0 & \text{- перемещение сечения в направлении } X_1 \text{ равно } 0 \\ \Delta_2 = 0 & X_2 = 0 \\ \Delta_3 = 0 & X_3 = 0 \end{cases}$$

Конфигурация этих перемещений складывается  
из перенесения от рабочего напора и  
изнушенных усилий  $X_1, X_2, X_3$ , а так же  
от действующих внешних нагрузок  $P$ .

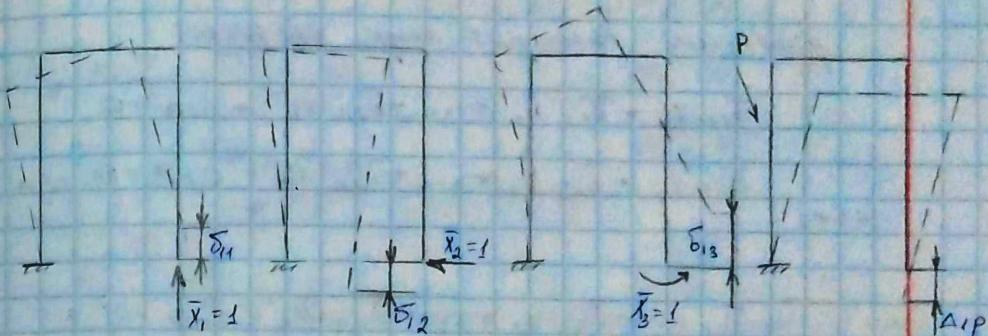
$$\Delta_1 = \Delta_{1x_1} + \Delta_{1x_2} + \Delta_{1x_3} + \Delta_{1P} = 0$$

$$\Delta_{1x_1} = \bar{\delta}_{11} X_1$$

$\bar{\delta}_{11}$  - перемещение от единичной силы  $\bar{x}_1 = 1$   
в направление действующего изнушенного

усилия  $X_1$

$$\Delta_{1x_1} = \bar{\delta}_{11} \cdot X_1$$



Уравнения (\*) в получатся таким образом:

$$(*) \begin{cases} \bar{\delta}_{11} X_1 + \bar{\delta}_{12} X_2 + \bar{\delta}_{13} X_3 + \Delta_{1P} = 0 \\ \bar{\delta}_{21} X_1 + \bar{\delta}_{22} X_2 + \bar{\delta}_{23} X_3 + \Delta_{2P} = 0 \\ \bar{\delta}_{31} X_1 + \bar{\delta}_{32} X_2 + \bar{\delta}_{33} X_3 + \Delta_{3P} = 0 \end{cases}$$

Это система канонических уравнений  
(количество ур-ий = кол-во изнушенных)

5. Решив эту систему получаем изнушенные  
усилия  $X_1, X_2, X_3$ ,

6. Задумав з.с. избранные усилия  $X_1, X_2, X_3$ ,  
решаем ее как систему определенных  
уравнений этого внутренних динамов, где  
определенное значение сочтено

## 7. Деформационная проверка

Для определения раз статических неизвестных уравнение выглядит след. образом:

$$(\ast\ast\ast) \quad \left\{ \begin{array}{l} \delta_{11} x_1 + \delta_{12} x_2 + \dots + \delta_{1n} x_n + \Delta_{1P} = 0 \\ \delta_{21} x_1 + \delta_{22} x_2 + \dots + \delta_{2n} x_n + \Delta_{2P} = 0 \\ \vdots \\ \delta_{n1} x_1 + \delta_{n2} x_2 + \dots + \delta_{nn} x_n + \Delta_{nP} = 0 \end{array} \right.$$

Коэффициент при неизвестных в левой части

образует матрицу  $[\delta_{ij}]$ ,  $i, j = 1, 2, \dots, n$

коэф-ты на правой рядачами этой матрицы, т.е.  $i = j \rightarrow \delta_{ii}$  - называются главными коэф-ми или главными перемещениями. Они всегда  $> 0$

Остальные, где  $\delta_{ij}$  ( $i \neq j$ ) - вспомогательные  
(подобные коэф-ты)  
 $\delta_{ij} = \delta_{ji}$  - матрица симметрична.

$$\delta_{11} = \sum_{i=1}^m \int_0^L \frac{\bar{N}_{x_i} \bar{M}_{x_i}}{EI_x} dz_i + \sum_{i=1}^m \int_0^L \frac{\bar{N}_{z_i} \bar{N}_{z_i}}{EA_i} dz_i + \dots (M_z, Q_y, \dots)$$

$$\delta_{1j} = \delta_{j1} = \sum_{i=1}^m \int_0^L \frac{\bar{M}_{x_i} \bar{M}_{x_j}}{EI_x} dz_i + \sum_{i=1}^m \int_0^L \frac{\bar{N}_{z_i} \bar{N}_{z_j}}{EA_i} dz_i + \dots (M_z, Q_y, \dots)$$

$$\Delta_{ip} = \sum_{i=1}^m \int_0^L \frac{\bar{M}_{x_i} \bar{M}_{x_i}}{EI_x} dz_i + \dots$$

при грузовом  
перемещении.

## 13 случае способа Вершины

$$\delta_{11} = \sum \frac{W_{\bar{M}_{x_1}} \bar{M}_{x_1 e}}{EI_x}$$

$$\delta_{1j} = \sum \frac{W_{\bar{M}_{x_1}} \bar{M}_{x_je}}{EI_x}$$

$$\Delta_{ip} = \sum \frac{W_{\bar{M}_{x_p}} \bar{M}_{x_pe}}{EI_x}$$

$$\delta_{11} = \bar{M}_{x_1} \bar{M}_{x_1}$$

$$\delta_{1j} = \bar{M}_{x_1} \bar{M}_{x_j}$$

$$\Delta_{ip} = \bar{M}_{x_p} \bar{M}_{x_L}$$

## § 5 каноническое уравнение метода сил

при учете имеющих нагрузок и сдвигов темп

$$\delta_{11} x_1 + \delta_{12} x_2 + \dots + \delta_{1n} x_n + \Delta_{1t} + \Delta_{1P} = 0$$

$$\delta_{21} x_1 + \delta_{22} x_2 + \dots + \delta_{2n} x_n + \Delta_{2t} + \Delta_{2P} = 0$$

:

$$\delta_{n1} x_1 + \delta_{n2} x_2 + \dots + \delta_{nn} x_n + \Delta_{nt} + \Delta_{nP} = 0$$

$$\Delta_{it} = \sum \int_0^L \bar{N}_z \alpha t_0 dz + \sum \int_0^L \bar{M}_x \frac{\alpha}{n} st dz$$

$$\Delta_{it} = \sum \bar{N}_{ze} \alpha w_t + \sum \bar{M}_{xe} \frac{\alpha}{n} st$$

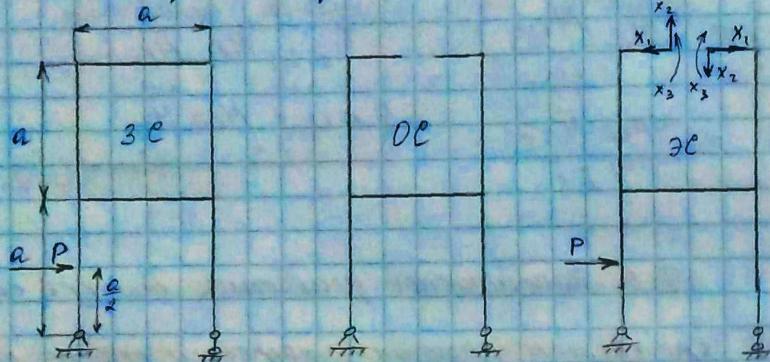
$$t_{ep} = \frac{t_1 + t_2}{2} - температура среднего слоя$$

$$\Delta t = t_2 - t - разница температур$$

$$\Delta_{i0} = - \sum (\bar{R}_i \cdot \Delta_i)$$

## § 6 каноническое уравнение

метода сил при вынужденных РНР.



1. ОДИ  $n=3$  (затянутый контур)

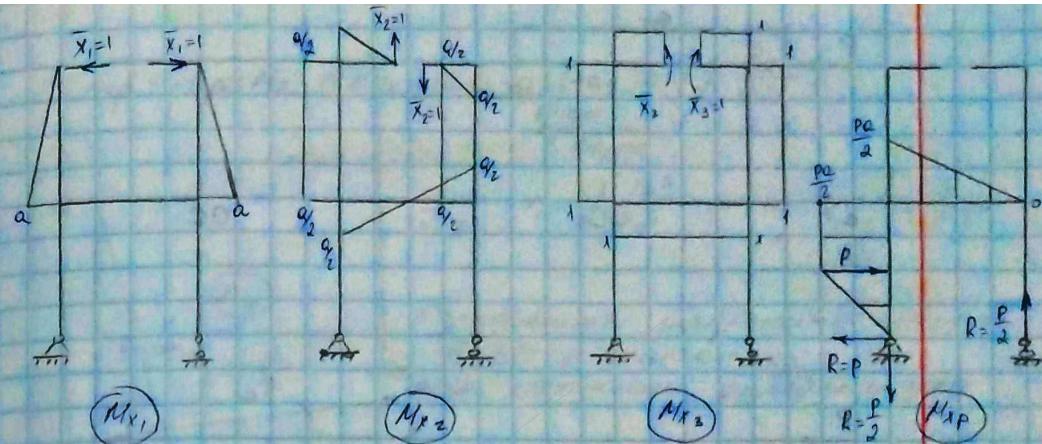
2. ОД.

3. Приведен ОД к ЗС

4. Система канонических ур-ий метода сил  
состоит из канонической (\*\*) и

Каноника на то, что система канонич. уравнений  
получена неизв. (++) . Систен канонич. уравнений  
такой!: если при вынужд. РНР когда-либо определено  
абсолютное перемещение, то при вынужд. РНР  
когда-либо определено булишое перемещение.

Для их определения свободно вершина  
сторони зигора.



## § 7 Деформационная проверка

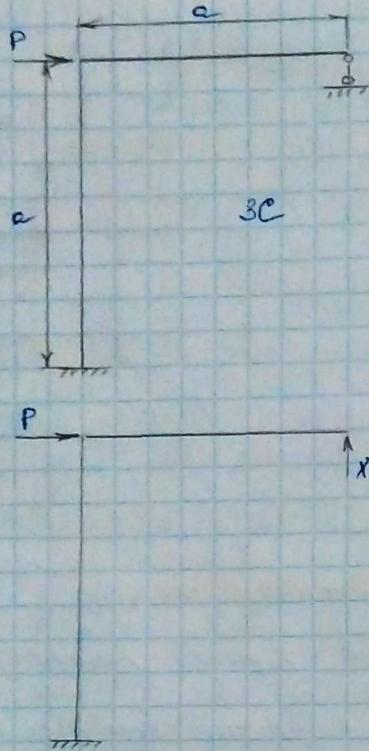
Для проверки полученного решения можно  
решить еще две задачи с другим выбором ОД.

Полученные решения должны совпадать.

Это приросточный способ, обычно называемый  
деформационной проверкой.

Для ее проверки берется новый ОД,  
и находят одно из перемещений, которое должно  
полностью быть = 0

Пример. Раскрыть ВН, выполнить  
деформационную проверку.



1 Способ статической определенности

$$n = 4 - 3 = 1$$

2. ОС

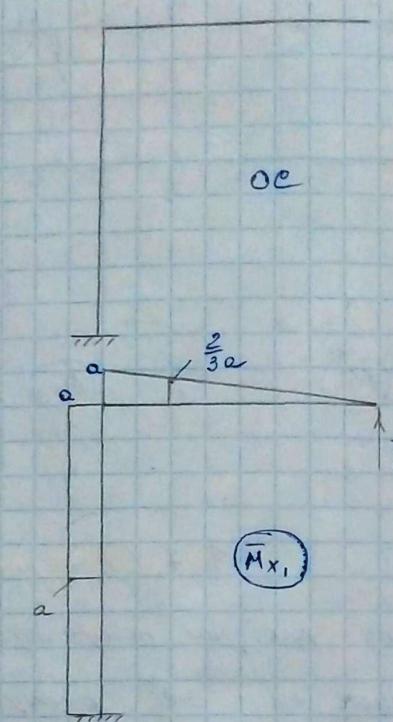
3. ОС  $\rightarrow$  ЗС

4. канонич. ур-я метода сил

$$\Delta_1 = 0; \delta_{11} x_1 + \Delta_P = 0$$

5. Находим коэффиц. ур-я и решаем его

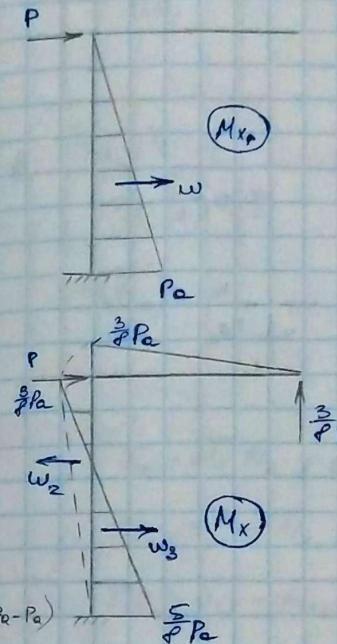
$$\Sigma_{ii} = \bar{M}_{x_1} \bar{M}_{x_1} = \frac{1}{EJ_x} \left[ \underbrace{\frac{1}{2}a \cdot a}_{\bar{w}_1} \cdot \underbrace{\frac{2}{3}a}_{M_{x_{c1}}} + \underbrace{\frac{a \cdot a \cdot a}{2}}_{\bar{w}_2} \cdot \underbrace{\frac{2}{3}a}_{M_{x_{c2}}} \right] = \frac{4}{3} \frac{a^3}{EJ_x}$$



$$\Delta_P = \bar{M}_{x_1} \bar{M}_{x_1} = \frac{1}{EJ_x} \left[ \underbrace{\frac{1}{2}P_a \cdot a \cdot (-a)}_{\text{здесь } P_a \text{ и } a \text{ берутся с }} \right] = -\frac{1}{2} \frac{P a^3}{EJ_x}$$

$$\frac{4}{3} \frac{a^3}{EJ_x} x_1 - \frac{1}{2} \frac{P a^3}{EJ_x} = 0 \Rightarrow x_1 = \dots = \frac{3}{8} P$$

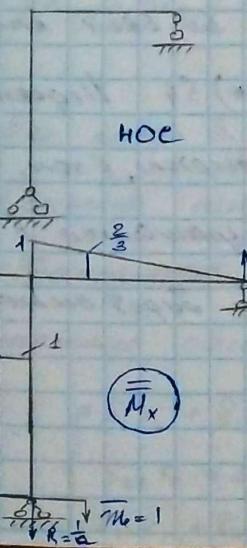
Подставляем найденные величины в ЗС и считаем ее как статически определимую  
решетку.



### 6. ДП (деформационная проверка)

Выбираем новую основную систему

находим перемещение в направлении, отвечающем свойству (угол поворота на опоре А)



$$\Theta_A = M_x \bar{M}_x = \frac{1}{EJ_x} \left[ \underbrace{\frac{1}{2} \frac{3}{8} P_a \cdot a \cdot \frac{2}{3}}_{w_1} + \underbrace{\frac{1}{2} \frac{3}{8} P_a \cdot a \cdot 1}_{w_2} - \underbrace{\frac{1}{2} \frac{5}{8} P_a \cdot a \cdot 1}_{w_3} \right] = 0!$$

Проверка выполнена, эпюра  $M_x$  подстроена верно.