

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

---

ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра: «Машины и оборудование пищевой промышленности – основы механики»

# РЕФЕРАТИВНАЯ РАБОТА

по предмету «Прикладная механика»

НА ТЕМУ: Статически неопределимые системы

Подготовил Рустамов Р.

Группа 33-11

Принял асс. Нейматов Э.Х.

Ташкент – 2012

### Статически неопределимые системы

Статически неопределимые системы – системы, силовые факторы в элементах которых не могут быть определены только из уравнений равновесия твердого тела. В таких системах число связей больше, чем необходимо для равновесия. Степень статической неопределимости:  $S = 3n - m$ ,  $n$  – число замкнутых контуров в конструкции,  $m$  – число одиночных шарниров (шарнир, соединяющий два стержня, считается за один, соединяющий три стержня – за два и т.д.). Метод сил – в качестве неизвестных принимают силовые факторы. Последовательность расчета: 1) устанавливают степень статич. неопределимости; 2) путем удаления лишних связей заменяют исходную систему статически определимой – основной системой (таких систем может быть несколько, но при удалении лишних связей не должна нарушаться геометрическая неизменяемость конструкции); 3) основную систему загружают заданными силами и лишними неизвестными; 4) неизвестные усилия должны быть подобраны так, чтобы деформации исходной и основной систем не отличались. Т.е. реакции отброшенных связей должны иметь такие значения, при которых перемещения по их направлениям = 0. Канонические уравнения метода сил:

$\delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \dots + \delta_{1n}X_n + \Delta_{1p} = 0$
$\delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \dots + \delta_{2n}X_n + \Delta_{2p} = 0$
. . . . .
$\delta_{n1}X_1 + \delta_{n2}X_2 + \dots + \delta_{nn}X_n + \Delta_{np} = 0$

Эти уравнения являются дополнительными уравнениями деформаций, которые позволяют раскрыть статич. неопределимость. Число уравнений = числу отброшенных связей, т.е. степени неопределимости системы.  $\delta_{ik}$  – перемещение по направлению  $i$ , вызванное единичной силой действующей по направлению  $k$ .

$\delta_{ii}$  – главные,  $\delta_{ik}$  – побочные перемещения. По теореме о взаимности перемещений:  $\delta_{ik} = \delta_{ki}$ .  $\Delta_{ip}$  – перемещение по направлению связи  $i$ , вызванное действием заданной нагрузки (грузовые члены). Перемещения, входящие в канонические уравнения удобно определять по методу Мора. Для этого к основной системе прикладывают единичные нагрузки  $X_1=1, X_2=1, \dots, X_n=1$ , внешнюю нагрузку и строят эпюры изгибающих моментов.

По интегралу Мора находят: 
$$\Delta_{1p} = \sum \int_0^L \frac{\bar{M}_1 M_p ds}{EJ};$$

$$\Delta_{2p} = \sum \int_0^L \frac{\bar{M}_2 M_p ds}{EJ}; \dots; \Delta_{np} = \sum \int_0^L \frac{\bar{M}_n M_p ds}{EJ};$$

$$\delta_{11} = \sum \int_0^L \frac{\bar{M}_1 \bar{M}_1 ds}{EJ}; \delta_{22} = \sum \int_0^L \frac{\bar{M}_2 \bar{M}_2 ds}{EJ}; \dots; \delta_{nn} = \sum \int_0^L \frac{\bar{M}_n \bar{M}_n ds}{EJ};$$

$$\delta_{12} = \sum \int_0^L \frac{\bar{M}_1 \bar{M}_2 ds}{EJ}; \delta_{13} = \sum \int_0^L \frac{\bar{M}_1 \bar{M}_3 ds}{EJ}; \dots; \delta_{ik} = \sum \int_0^L \frac{\bar{M}_i \bar{M}_k ds}{EJ}.$$

Черта над  $M$  указывает на то, что эти внутренние усилия вызваны действием единичной силы.

Для систем, состоящих из прямолинейных элементов перемножение эпюр удобно производить по способу Верещагина.  $\Delta_{1p} = \frac{\Omega_p \cdot y_{cp}}{EJ}$ ;  $\delta_{11} = \frac{\Omega_1 \cdot y_{c1}}{EJ}$  и т.д.  $\Omega_p$  – площадь эпюры  $M_p$  от внешней нагрузки,  $y_{cp}$  – ордината эпюры от единичной нагрузки под центром тяжести эпюры  $M_p$ ,  $\Omega_1$  – площадь эпюры  $M_1$  от единичной нагрузки.

Результат перемножения эпюр равен произведению площади одной из эпюр на ординату другой эпюры, взятой под центром тяжести площади первой эпюры.