



# СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА

*Вводная лекция*

# **Строительная механика –**

*наука, занимающаяся разработкой  
принципов и методов расчёта  
сооружений и конструкций,  
представляющих собой **системы**,  
состоящие из элементов различных типов  
(стержневые, пластинчато-оболочечные, массивные)  
**на прочность, жёсткость и устойчивость**  
при статических и динамических воздействиях  
с учётом требований  
**надёжности и экономичности.***

**С точки зрения строительной механики  
под расчётом сооружения в целом  
или его составляющих частей  
(конструкций, конструктивных элементов)  
понимается определение параметров  
напряжённо-деформированного состояния –  
силовых факторов и перемещений,  
необходимых для оценки *прочности,*  
*жёсткости и устойчивости.***

## **Предмет строительной механики:**

**Теоретические основы и прикладные методы расчёта напряжённо-деформированного состояния сооружений и конструкций.**

## **Объект строительной механики:**

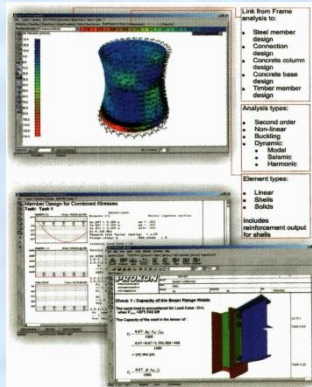
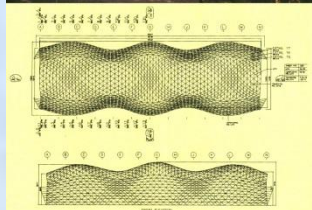
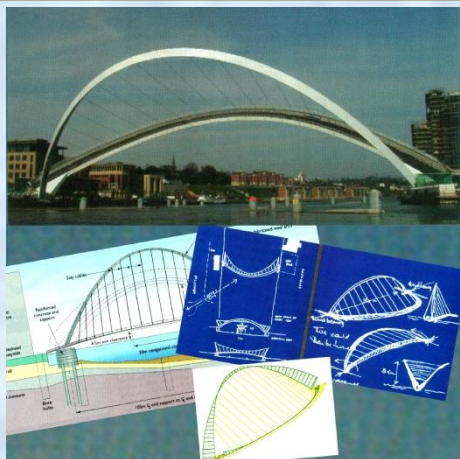
**Напряжённо-деформированное состояние инженерных сооружений и конструкций различного назначения как систем элементов, совместно выполняющих функцию восприятия заданных воздействий.**

## **Цели и задачи изучения курса строительной механики:**

**Освоение теоретических основ и прикладных методов расчёта напряжённо-деформированного состояния сооружений и конструкций.**

**Формирование у обучаемых знаний и умений выполнять расчёты сооружений на прочность, жёсткость и устойчивость, в том числе с применением компьютерных средств.**

# МЕЖПРЕДМЕТНЫЕ СВЯЗИ СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКИ И ЕЁ РОЛЬ В ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТА

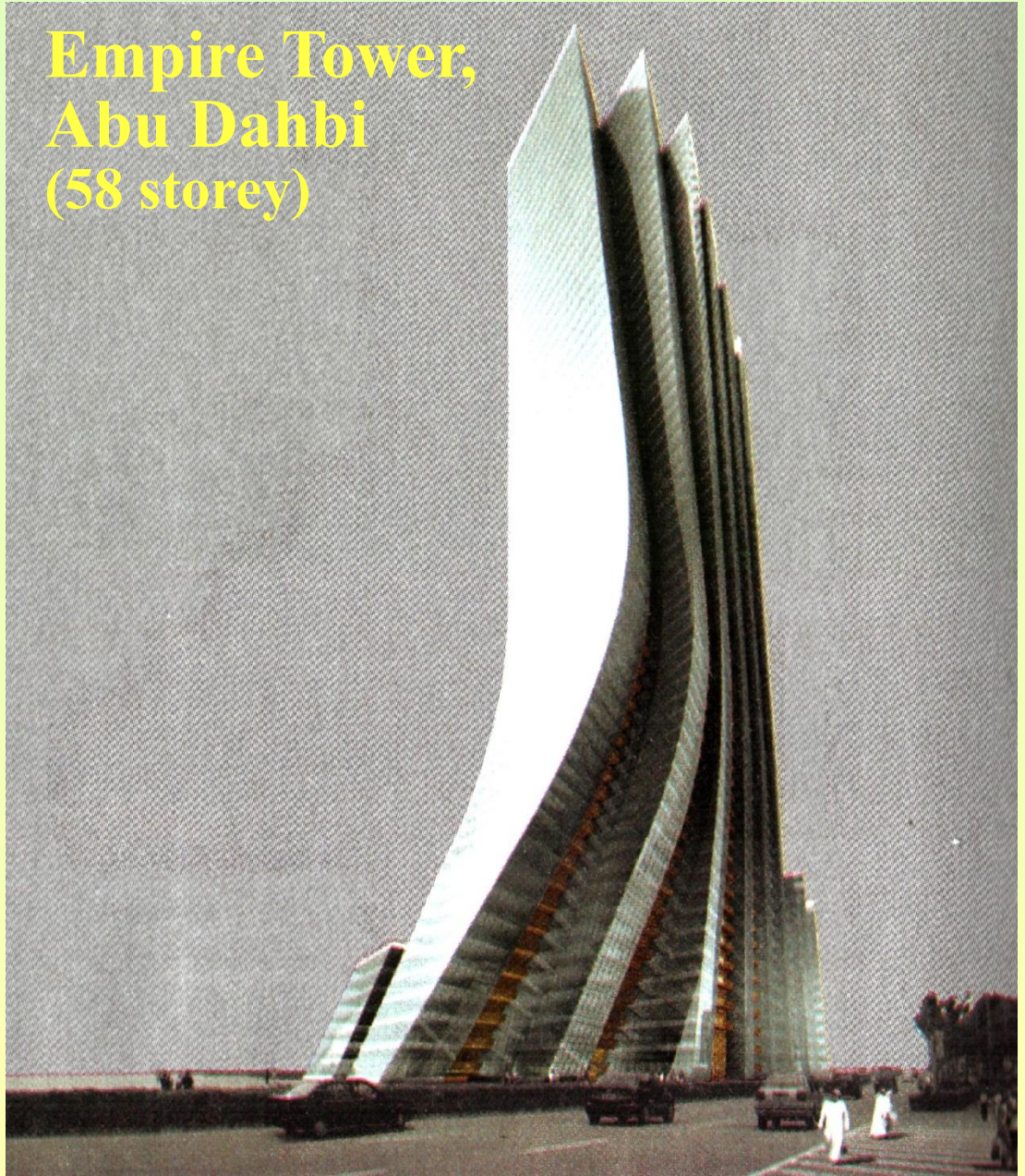




**BURJ DUBAI H= 800 m**



**Empire Tower,  
Abu Dhabi  
(58 storey)**





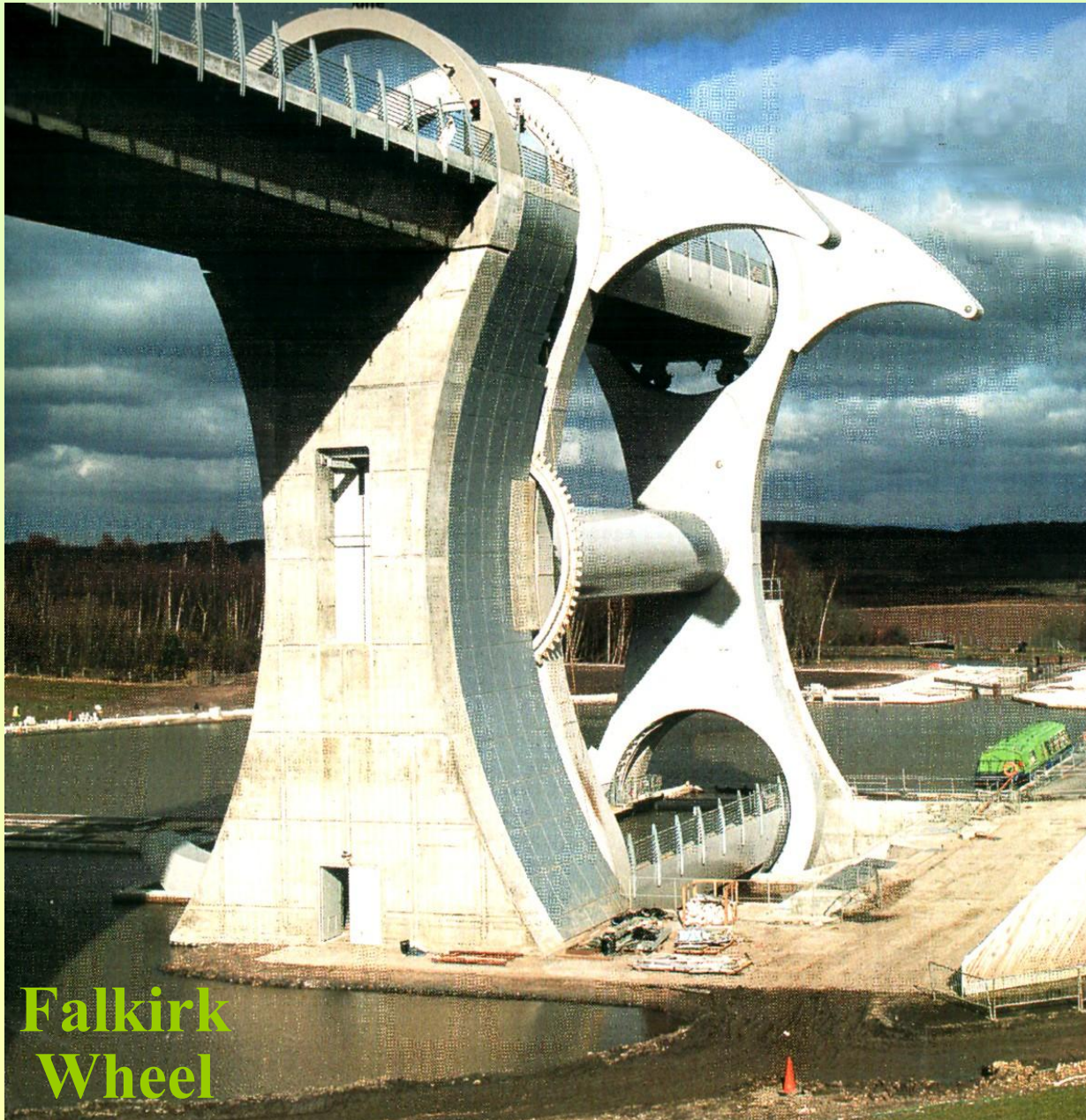


Wembley Stadium



Glasgow's  
Clyde Arc





**Falkirk  
Wheel**

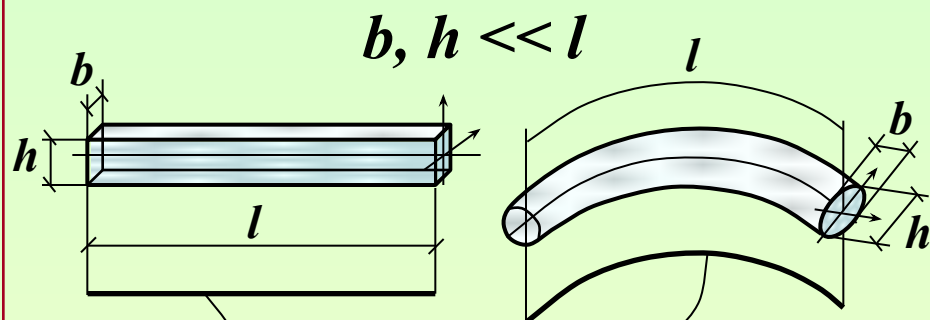


# **РАСЧЁТНАЯ СХЕМА СООРУЖЕНИЯ –**

***ЭТО ЕГО УПРОЩЁННОЕ, С СОБЛЮДЕНИЕМ  
ОПРЕДЕЛЁННЫХ ПРАВИЛ, ИЗОБРАЖЕНИЕ,  
В КОТОРОМ УЧТЕНО ЛИШЬ ТО,  
ЧТО ВАЖНО С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ  
МЕХАНИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ СООРУЖЕНИЯ,  
И ИГНОРИРУЕТСЯ ВСЁ ВТОРОСТЕПЕННОЕ  
И НЕСУЩЕСТВЕННОЕ.***

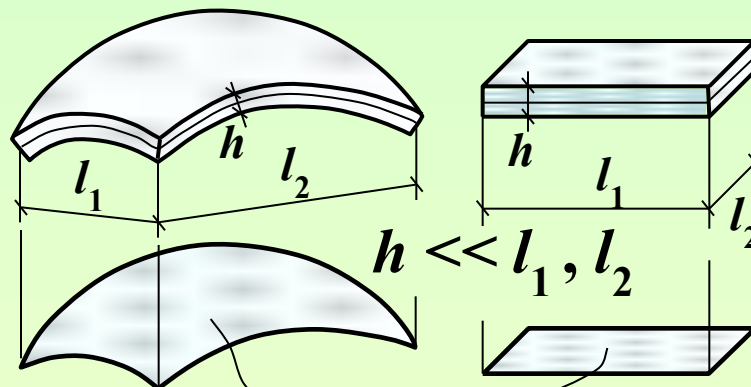
# ИЗОБРАЖЕНИЕ НА РАСЧЁТНОЙ СХЕМЕ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СООРУЖЕНИЙ

Одномерные  
(прямые и кривые стержни)



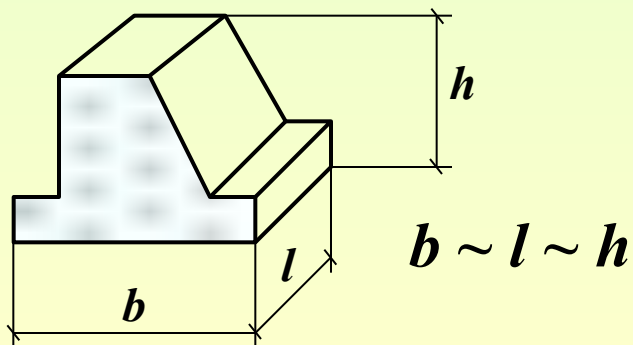
Осевая линия

Двухмерные  
(оболочки и пластинки)



Срединная поверхность

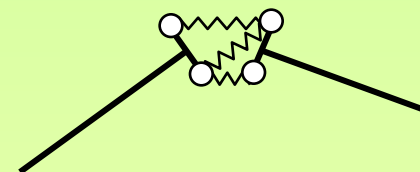
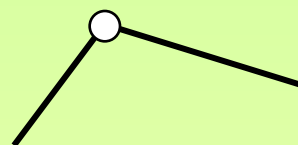
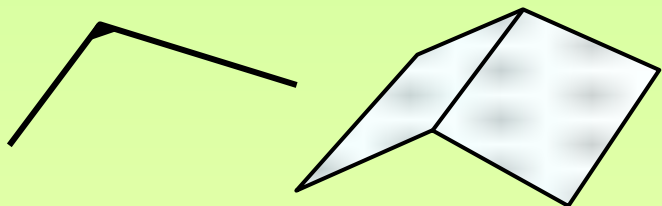
Трёхмерные  
(массивы)



# ИЗОБРАЖЕНИЕ НА РАСЧЁТНОЙ СХЕМЕ СОЕДИНЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ

Жёсткое

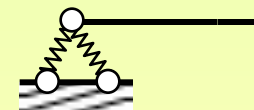
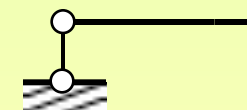
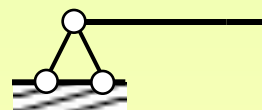
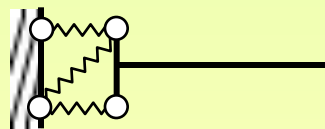
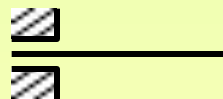
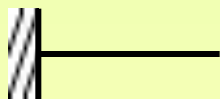
Шарнирное (Упруго)податливое



# ИЗОБРАЖЕНИЕ НА РАСЧЁТНОЙ СХЕМЕ ОПОРНЫХ УСТРОЙСТВ

Защемляющие опоры (заделки)

Шарнирные опоры



Неподвижная  
защемляющая  
опора

Подвижная  
защемляющая  
опора

(Упруго) податливая  
защемляющая  
опора

Неподвижная  
шарнирная  
опора

Подвижная  
шарнирная  
опора

(Упруго) податливая  
шарнирная  
опора

# Классификация нагрузок и воздействий

## – по физической природе

- силовые (нагрузки)
- кинематические (смещения связей)
- температурные (тепловые)
- другие (электромагнитные, биохимические и проч.)

## – по способу (месту) приложения

- сосредоточенные
- распределённые
  - по линии
  - по поверхности
  - по объёму

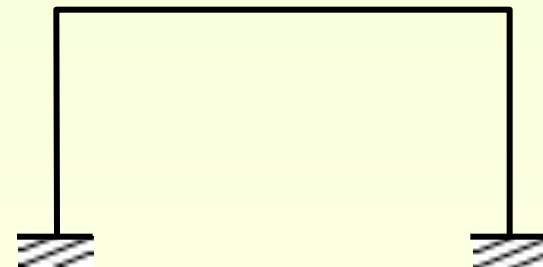
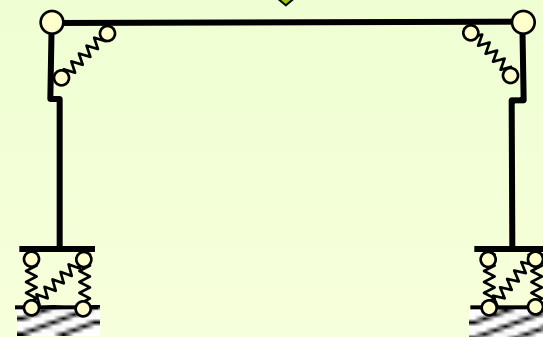
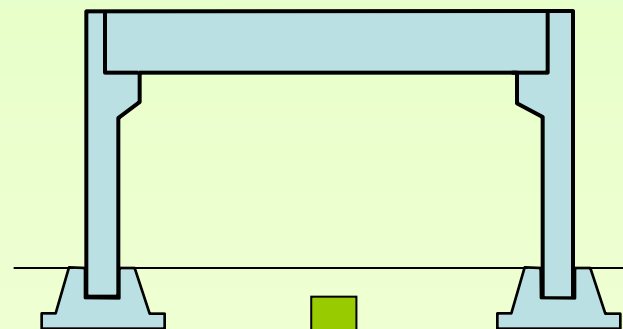
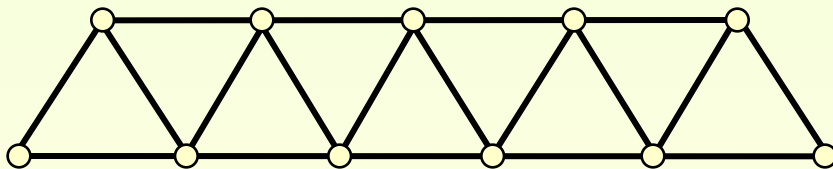
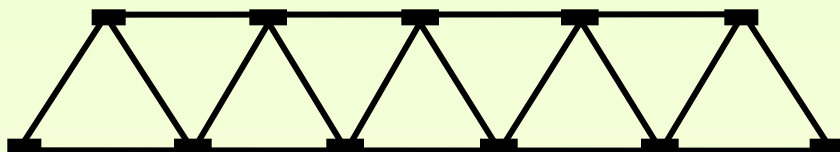
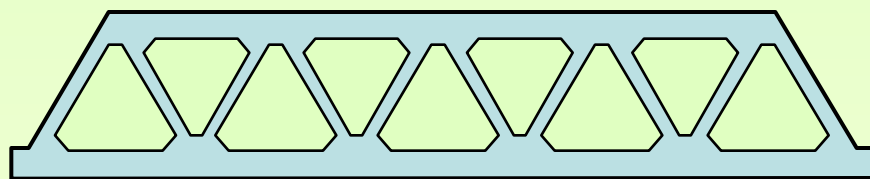
## – по характеру изменения во времени

- статические
- динамические
  - ударные
  - вибрационные
  - другие

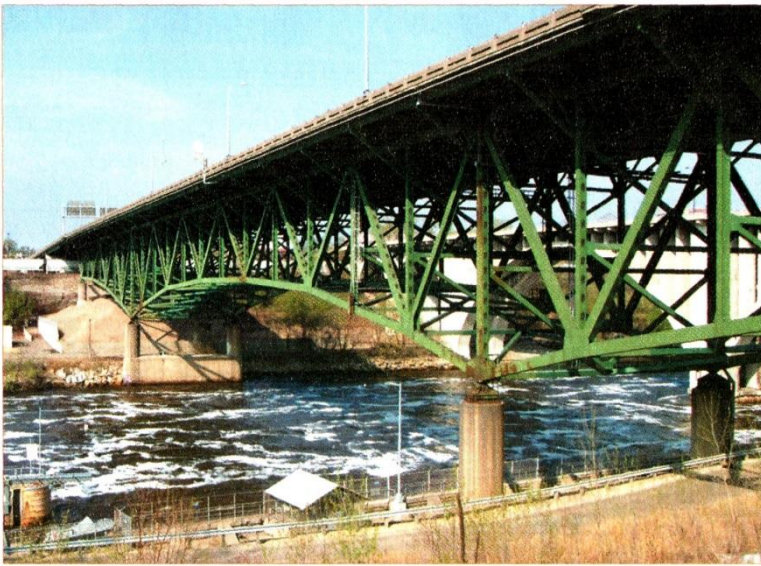
## – по длительности воздействия

- постоянные
- временные

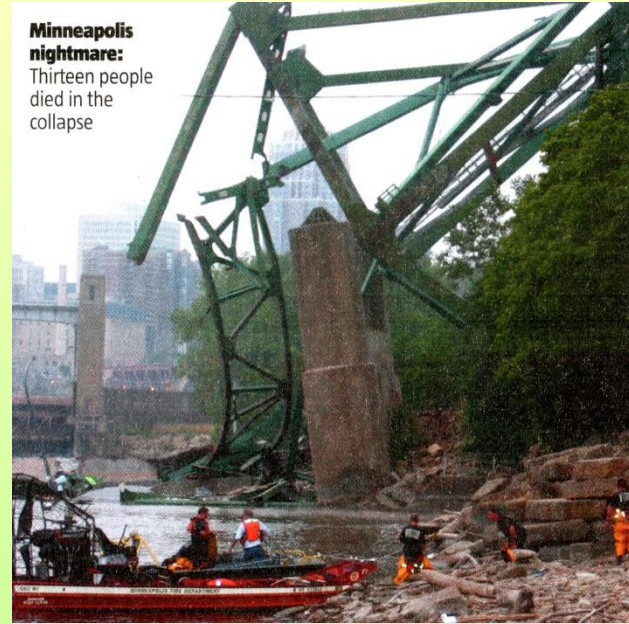
# Формирование расчётной схемы сооружения (конструкции)







**Before the collapse:** The I-35W bridge collapsed 1 August 2007



**Minneapolis nightmare:**  
Thirteen people died in the collapse

### CROSS SECTION OF THE I-35W BRIDGE

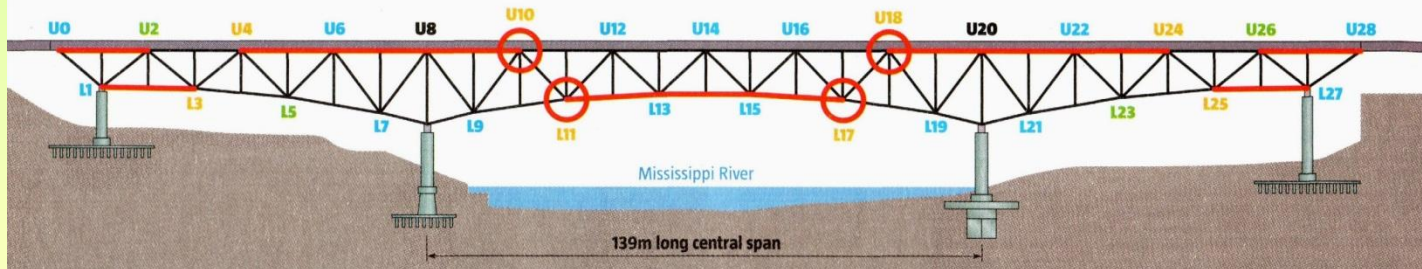
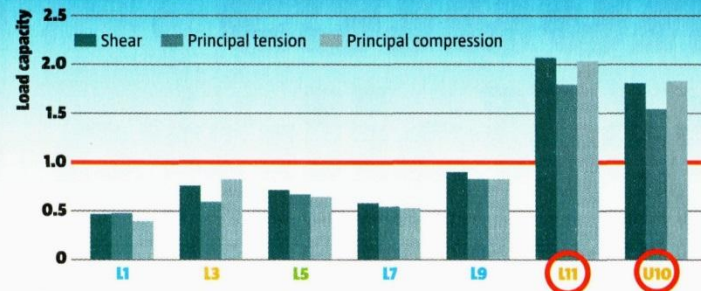
#### UNDER-DESIGNED GUSSET PLATE

Elements identified by 2004 URS report, as fracture critical members, whose failure would be expected to result in collapse

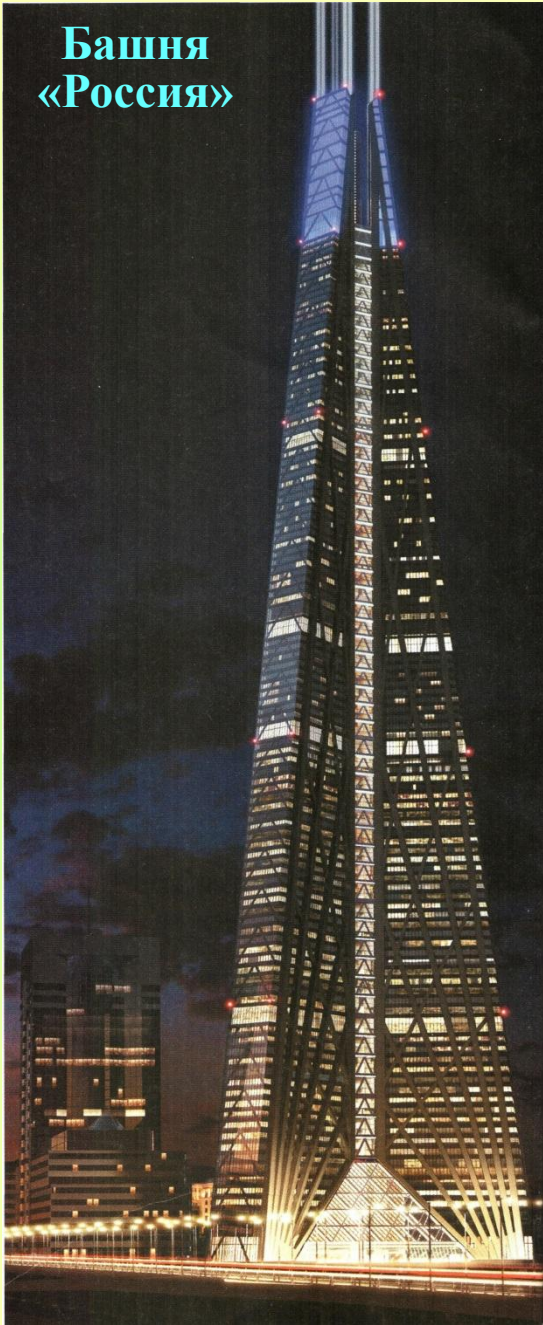
- U/L 35mm thick gusset plate
- U/L 25mm thick gusset plate
- U/L 16mm thick gusset plate
- U/L 12mm thick gusset plate



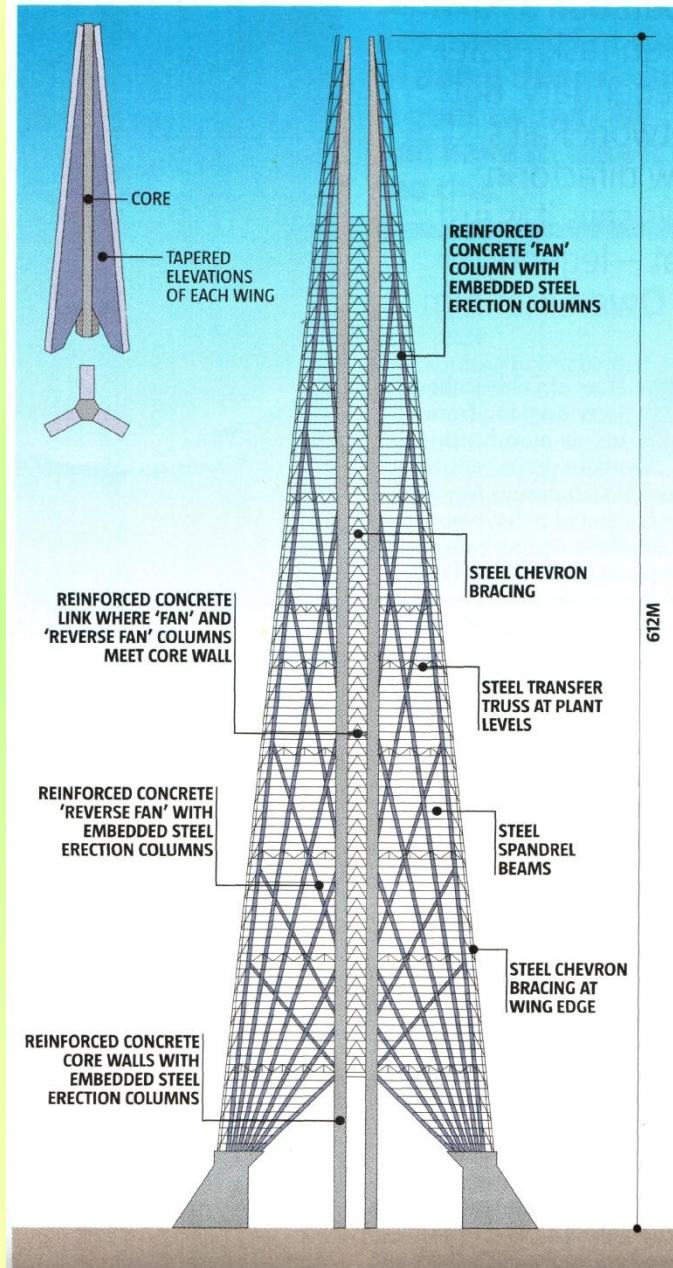
#### GRAPH SHOWING TYPICAL LOAD TO CAPACITY RATIOS OF PLATES



# Башня «Россия»



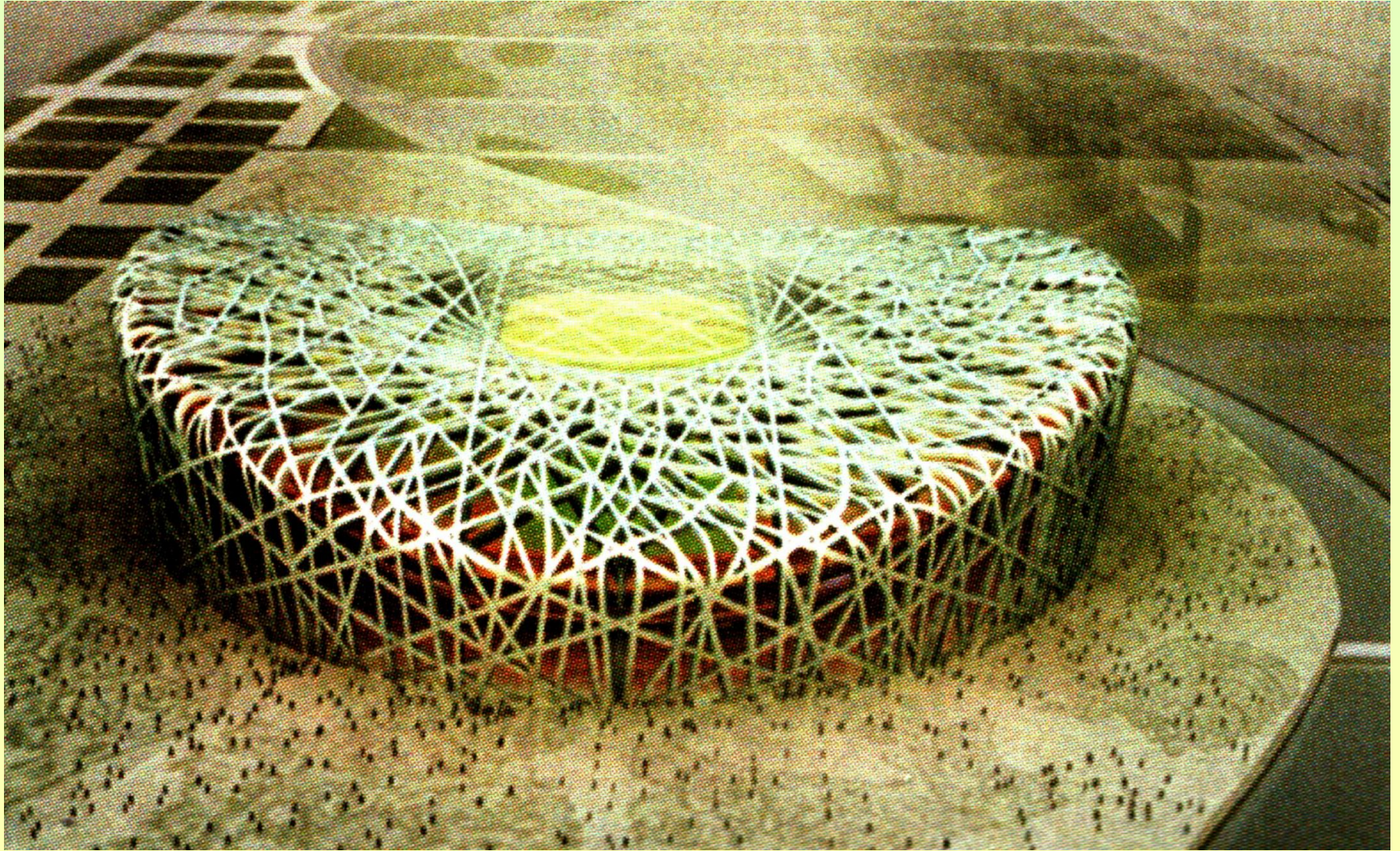
## ROSSIA TOWER: HOW IT WORKS



# “BIRD’S NEST”

## NATIONAL STADIUM, BEIJING

330m x 270m x 45m

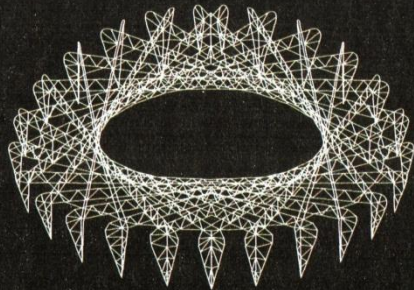


## Three layers of China's 'Bird's Nest' National Stadium



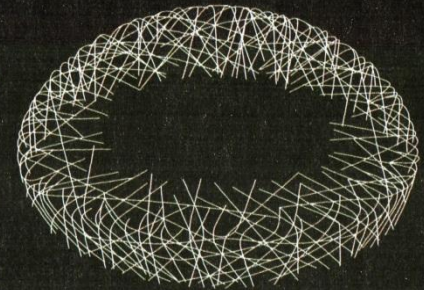
### 1 PRIMARY STRUCTURE

Consists of 24 trussed columns connected at the top by horizontal trusses. They effectively form 12 portal frames which span the stadium and pass along the edge of the roof's oval shaped opening.



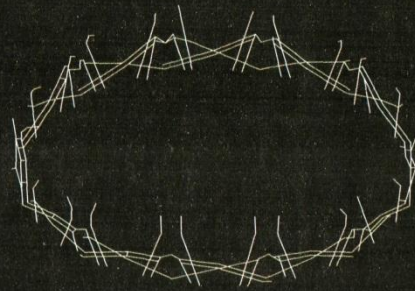
### 2 SECONDARY STRUCTURE

Sits on top of the primary structure, giving the Birds Nest its distinctive appearance. It supports the cladding and adds to the stiffness of the structure. This is needed in the event of an earthquake.



### 3 STAIRS AND STAIR COLUMNS

Weigh a total of 3,327t and are spaced equally around the stadium. These and the primary and secondary structures were designed using 3D modelling.



# Классификация расчётных схем сооружений

– по геометрическому признаку  
(по типу элементов)

стержневые системы  
пластинчато-оболочечные системы  
массивы  
комбинированные системы

– по кинематической природе

геометрически неизменяемые системы (ГНС)  
геометрически изменяемые системы (ГИС)  
мгновенно изменяемые системы (МИС)

– по расположению элементов  
и направлению нагрузок  
в пространстве

плоские системы  
пространственные системы

– по признаку статической  
определимости  
или неопределимости

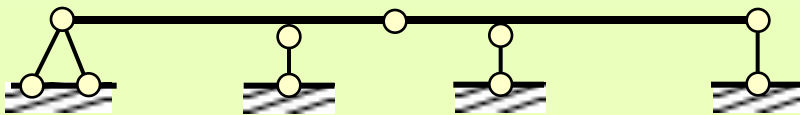
статически определимые системы (СОС)  
статически неопределимые системы (СНС)

– по направлению  
опорных реакций

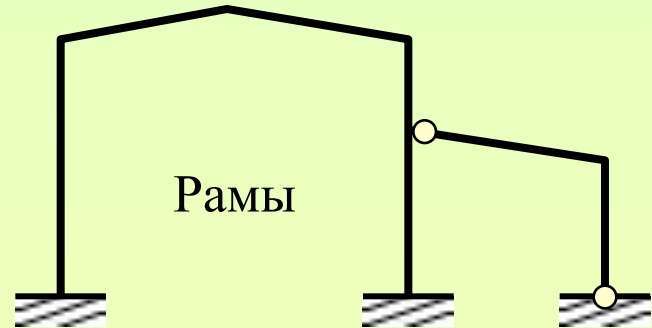
распорные системы  
безраспорные системы

# Основные типы плоских стержневых систем

Балки



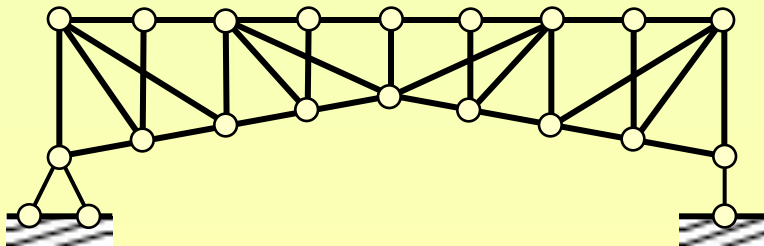
Рамы



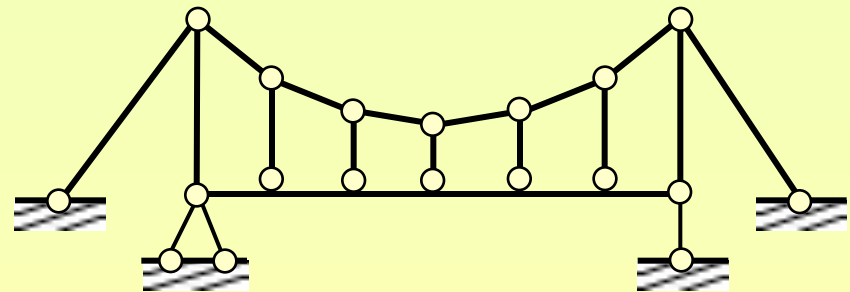
Арки



Фермы



Комбинированные системы



# Системы геометрически неизменяемые, изменяемые и мгновенно изменяемые

Геометрически неизменяемая система **(ГНС)** – это система, перемещения в которой могут возникать только вследствие деформации её элементов.

Геометрически изменяемой называется система **(ГИС)**, в которой возможны конечные перемещения без деформации элементов.

Мгновенно изменяемой называется система **(МИС)**, в которой могут возникать бесконечно малые перемещения без деформации её элементов.

*Качественный (структурный) анализ –*

**это исследование структуры расчётной схемы сооружения, заключающееся в проверке правильности расположения связей, выявлении возможных дефектов соединения дисков и завершающееся определением кинематического качества (природы) системы (её геометрической неизменяемости, изменяемости или мгновенной изменяемости).**



## Дополнительные сведения, вытекающие из структурного анализа

Если в процессе синтеза системы на нескольких шагах (**более одного**) последовательно образуются геометрически неизменяемые системы, то рассматриваемая система может квалифицироваться как **составная**, с выделением в ней **главных** и **второстепенных** частей.

**Главной** называется геометрически неизменяемая часть составной системы, способная воспринимать любые воздействия даже при **отсутствии** всех других частей.

**Второстепенная** часть составной системы – это часть, утрачивающая работоспособность вследствие возникновения её геометрической или мгновенной изменчивости при **удалении** других частей (всех или некоторых).

Второстепенные части могут образовывать иерархию по признаку большей-меньшей второстепенности.

Самой второстепенной частью является та, которая неработоспособна при **отсутствии** любой другой части системы.

**Практическая рекомендация по последовательности расчёта статически определимой составной системы:**  
для определения реакций связей рассматривается равновесие частей, начиная с самой второстепенной и заканчивая главной (то есть в порядке, **обратном** последовательности синтеза).

**Замечание:** понятия составной системы, главной и второстепенной частей, а также соображения о последовательности расчёта не относятся непосредственно к кинематическому анализу; принципиально важными они являются для **статически определимых систем**.

**Системы, для которых качественный (структурный) анализ расчётной схемы может быть полностью выполнен с использованием только типовых способов (приёмов) геометрически неизменяемого соединения дисков, называются системами с простой структурой.**

**Системы, для которых качественный (структурный) анализ расчётной схемы не может быть полностью выполнен с использованием только типовых способов (приёмов) геометрически неизменяемого соединения дисков, называются системами со сложной структурой.**

В качественном анализе систем со сложной структурой применяются:

- исследование кинематической природы связей (всех или части) по критерию  $\delta_S \neq 0$  – ? ;
- проверка по аналитическому признаку геометрической неизменяемости  $\text{Det}(A) \neq 0$  – ? ;
- способ замены связей.