

# Лекция 4

## **Нагрузки и воздействия**

# Строительные конструкции

классифицируются по следующим признакам:

1) **По геометрическому признаку** конструкции принято разделять на: массивы, брусья, плиты, оболочки и стержневые системы

**Массив** — конструкция, в которой все размеры достаточно значительны и одного порядка, например у фундамента размеры могут быть такими:  $a = 1,8$  м;  $b = 1,2$  м;  $c = 1,5$  м;

**Брус** — элемент, в котором два размера во много раз меньше третьего, т. е. они разного порядка.

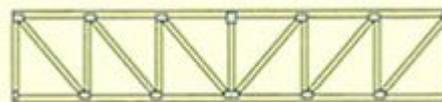
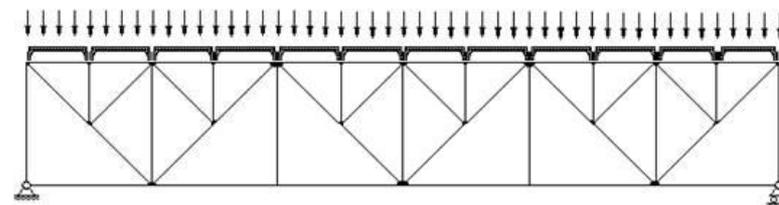
Брус с ломаной осью принято называть **простейшей рамой**, а с криволинейной осью — **аркой** ;

**Плита** — элемент, в котором один размер во много раз меньше двух других.

Плита является частным случаем более общего понятия — **оболочки**, которая в отличие от плиты имеет криволинейное очертание;

**Стержневые системы** представляют собой геометрически неизменяемые системы стержней, соединенных между собой шарнирно или жестко. К ним относятся строительные фермы (балочные или консольные);

# Виды конструкций



Балочная ферма

# Строительные конструкции

классифицируются по следующим признакам:

- 2) **с точки зрения статики конструкции** делятся на:
  - статически определяемые и статически неопределяемые.
  - К первым относятся системы (конструкции), усилия или напряжения в которых могут быть определены только из уравнений статики (уравнений равновесия);
  - Ко вторым — такие, для которых одних уравнений статики недостаточно;
- 3) **по используемым материалам** конструкции делятся на:
  - стальные, деревянные, железобетонные, бетонные, каменные (кирпичные)
- 4) **с точки зрения напряженно-деформированного состояния**, т.е. возникающих в конструкциях внутренних усилий, напряжений и деформаций под действием внешней нагрузки.

# Классификация нагрузок действующих на строительные конструкции

В зависимости от продолжительности действия **нагрузки** подразделяются в соответствии с главой СНиП 2.01.07-85\* на:

постоянные;

временные (длительные, кратковременные, особые).

**Постоянными** являются нагрузки, которые при строительстве и эксплуатации сооружения действуют постоянно.

**Временными** являются нагрузки, которые в отдельные периоды строительства и эксплуатации могут отсутствовать.

## Постоянные нагрузки

К постоянным нагрузкам относятся:

- вес частей зданий и сооружений, в том числе вес несущих и ограждающих строительных конструкций;
- вес и давление грунтов (насыпей, засыпок), горное давление;
- воздействие предварительного напряжения в конструкциях.

# Временные нагрузки

Временные нагрузки разделяют на **длительные, кратковременные и особые.**

**К временным длительным нагрузкам** относятся:

- вес временных перегородок;
- вес стационарного оборудования: станков, аппаратов и др.;
- нагрузки на перекрытия в складских помещениях, холодильниках, зернохранилищах, архивах, библиотеках и подсобных зданиях и помещениях;
- нагрузки на перекрытия жилых и общественных зданий с пониженными нормативными значениями, приведенными в табл. 3 СНиП 2.01.07-85\*;
- снеговые нагрузки с пониженным расчетным значением, определяемым умножением полного расчетного значения на коэффициент 0,5.

В СНиП 2.01.07-85\* приведено более 10 видов длительных нагрузок, здесь рассмотрены и сокращенно изложены наиболее распространенные.

**К кратковременным нагрузкам** относятся:

- нагрузки на перекрытия жилых и общественных зданий с полными нормативными значениями;
- снеговые нагрузки с полным расчетным значением;
- нагрузки от подвижного подъемно-транспортного оборудования (мостовых и подвесных кранов, тельферов, погрузчиков и т.п.);
- нагрузки, возникающие при изготовлении, перевозке и возведении конструкций, при монтаже и перестановке оборудования, а также нагрузки от веса временно складированных на строительстве изделий и материалов (за исключением нагрузок в местах, специально предназначенных для складирования и хранения материалов), кратковременные нагрузки от веса насыпного грунта и др.;
- нагрузки от оборудования, возникающие в пускоостановочном, переходном и испытательном режимах;
- ветровые нагрузки;
- температурные и климатические воздействия.

Так же как и длительные нагрузки, кратковременные перечислены сокращенно и описаны упрощенно, более подробно см. СНиП 2.01.07-85\*.

## Особые нагрузки

К ним относятся:

- сейсмические и взрывные воздействия;
- нагрузки, вызываемые резким нарушением технологического процесса, временной неисправностью или поломкой оборудования;
- воздействия неравномерных деформаций, сопровождающиеся изменением структуры грунта (например, деформации просадочных грунтов при замачивании или вечномёрзлых грунтов при оттаивании), воздействия деформации земной поверхности в районах влияния горных выработок и в карстовых районах.

**Все перечисленные нагрузки могут принимать нормативные и расчетные величины (значения).**

# Нормативные нагрузки

В расчетах нормативные нагрузки обозначаются индексом « $n$ ».

**Сосредоточенные нормативные нагрузки (силы):**

$N_n, P_n$  — нормативные сосредоточенные нагрузки (кН).

**Нагрузки, распределенные по площади или по длине элемента (погонные нагрузки):**

$r_p, q_p$  — нормативные распределенные нагрузки (кПа, кН/м).

## Нормативные постоянные нагрузки

Нормативные нагрузки от веса конструкций должны определяться по данным стандартов и заводов-изготовителей или по проектным размерам и плотностям материалов с учетом их весовой влажности для предусмотренных условий возведения и эксплуатации зданий и сооружений.

**Для сбора нагрузок** необходимо знать:

- размеры конструкций или частей здания (они, как правило, или известны, или ими задаются предварительно, а затем уточняют и, если нужно, делают перерасчет).

- плотность строительных материалов (приводится в справочниках).

# Нормативные временные нагрузки

Нормативные временные нагрузки, необходимые для расчета конструкций, установлены СНиП 2.01.07-85\*

- **нагрузки на перекрытия и лестницы зданий** приведены в табл. 3 СНиП;
- **ветровые нагрузки** (статическая составляющая). Если ветровая нагрузка при проектировании не будет учтена, это в последующем крайне негативно скажется на эксплуатационных характеристиках здания или сооружения.

Средняя ее составляющая вычисляется по такой формуле:

$$W = W_0 * k.$$

Здесь  $W$  — расчетное значение ветровой нагрузки на высоте  $z$  над поверхностью земли,

$W_0$  — ее нормативное значение,

$k$  — коэффициент изменения давления по высоте.

Все начальные данные из этой формулы определяются по таблицам. Иногда при вычислениях используют также параметр  $c$  — **аэродинамический коэффициент**. Выглядит формула в этом случае следующим образом:

$$W = W_0 * kc.$$

- нормативное значение **снеговой нагрузки** определяется умножением ее расчетного значения на коэффициент 0,7;
- **нагрузки от оборудования, складываемых материалов, мостовых и подвесных кранов** определяются по указаниям СНиП.

# Расчетные нагрузки

Расчетные нагрузки определяются как произведение нормативной нагрузки на коэффициент надежности по нагрузкам  $t$ ., который учитывает возможность отклонения нагрузок в неблагоприятную сторону от нормативных значений:

Расчетные постоянные нагрузки

Для определения расчетных значений нагрузок устанавливаются соответствующие коэффициенты надежности по нагрузкам  $\gamma_f$

Для постоянных нагрузок от веса конструкций коэффициенты  $\gamma_f$  определяются по табл. 1 СНиП 2.01.07-85\*.

Например, для бетонных (со средней плотностью свыше 1600 кг/м<sup>3</sup>), железобетонных, каменных и деревянных конструкций коэффициент надежности по нагрузке равен 1,1 (т.е. учитывается возможность увеличения нормативного значения нагрузки на 10%);

для стяжек, засыпок, теплоизоляционных, выравнивающих слоев коэффициент принимается:

если слой выполнен в заводских условиях,  $\gamma_f = 1,2$ ;

на строительной площадке—  $\gamma_f = 1,3$ .

Расчетные временные нагрузки

Для временных нагрузок на перекрытия и лестницы коэффициент надежности по нагрузкам  $\gamma_f$  принимается 1,3 или 1,2 и определяется по п. 3.7 СНиП 2.01.07-85\* (для нагрузок, принятых по табл. 3 СНиП 2.01.07-85\*, с нормативным значением  $r_p < 2,0$  кПа  $\gamma_f = 1,3$ ; для нагрузок с  $r_p > 2,0$  кПа  $\gamma_f = 1,2$ ).

# Расчетные нагрузки

Несколько отличается методика определения **расчетной снеговой нагрузки**.

## Расчет массы снега и нагрузки по СНиП

При снегопаде нагрузка может деформировать элементы несущей конструкции дома, стропильную систему, кровельные материалы. С целью предотвращения этого на стадии проектирования выполняют расчет конструкции в зависимости от воздействия нагрузки. В среднем снег весит порядка  $100\text{кг/м}^3$ , а в мокром состоянии его масса достигает  $300\text{кг/м}^3$ . Зная эти величины, достаточно просто можно рассчитать нагрузку на всю площадь, руководствуясь всего лишь толщиной снегового слоя.

Толщина покрова должна измеряться на открытом участке, после чего это значение умножают на коэффициент запаса - 1,5. Для учета региональных особенностей местности Казахстана используют специальную карту снеговой нагрузки. На её основе построены требования СНиП и других правил.

**Полная снеговая нагрузка на крышу рассчитывается при помощи формулы:**

$$S = S_{\text{расч.}} \times \mu;$$

где  $S$  – полная снеговая нагрузка;

$S_{\text{расч.}}$  – расчетное значение веса снега на  $1\text{ м}^2$  горизонтальной поверхности земли;

$\mu$  – расчетный коэффициент, учитывающий наклон кровли.

При определении снеговой нагрузки учитывают вероятность того, что снег может распределяться неравномерно по кровле (на одном скате больше, чем на другом, или около выступающих частей могут образовываться снеговые мешки). Учет данных обстоятельств ведется при помощи рассмотрения различных схем загрузки снеговой нагрузкой (при расчете принимается такое из приведенных в СНиП загрузке, которое является худшим для рассчитываемой конструкции);

Для ветровых нагрузок коэффициент надежности по нагрузкам принимается  $\gamma_f = 1,4$ .

Для других нагрузок в нормах существуют указания по назначению коэффициентов надежности по нагрузкам.

# Нагрузки и воздействия

Нагрузки подразделяются на:

объемные;

поверхностные.

**Объемные** прикладываются к каждой частице конструкции (тела), к ним относятся:

силы притяжения (гравитации);

силы инерции.

**Поверхностные** воздействуют в местах поверхности контакта при сопряжении конструкций между собой или их частей и в местах контакта машин, механизмов с конструкциями.

Поверхностные нагрузки возникают в месте опирания (соединения) различных конструкций и считаются:

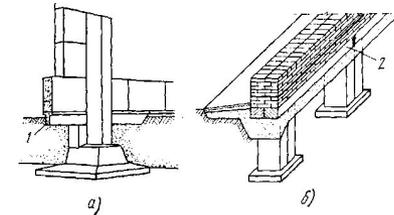
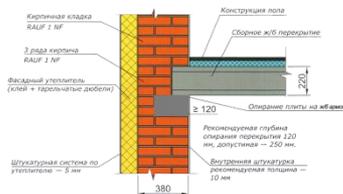
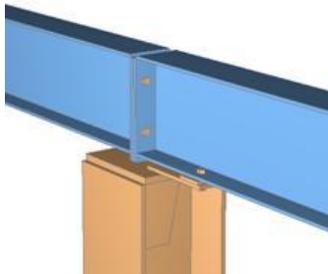
а) **сосредоточенными**, если площадь (поверхность) контакта невелика, например при опирании балки на стену, колонну;

б) **распределенными**, если передача нагрузки (давления) осуществляется по линии или площади.

Такие нагрузки называют соответственно:

**распределенными по длине** (погонными), например при опирании плиты на балку или стену ;

**распределенными по площади**, например при опирании фундамента на грунт



# Сочетания нагрузок

Нормы предписывают, как следует учитывать **совместное действие нагрузок**, при этом в зависимости от состава учитываемых нагрузок должны различаться:

а) **основные сочетания нагрузок**, состоящие из:

- постоянных;
- длительных;
- кратковременных

б) **особое сочетание нагрузок**, состоящее из:

- постоянных;
- длительных;
- возможных кратковременных и одной из особых нагрузок

При основном сочетании:

**если принята одна кратковременная нагрузка**, она принимается без уменьшения;

**если приняты две и более**, они домножаются на коэффициент 0,9, а длительные нагрузки — на коэффициент 0,95.

При особом сочетании:

кратковременные нагрузки принимаются с коэффициентом 0,8;

особые - без снижения;

длительные — с коэффициентом 0,95.

# Единицы измерения

Единицы измерения, принятые в настоящее время для расчетов строительных конструкций, определяются строительными нормами СН 528-80 «Перечень единиц физических величин, подлежащих к применению в строительстве».

Известно, что зная плотность материала, можно определить его удельный вес по формуле:

$$y = \rho g,$$

где  $g$  — ускорение свободного падения,  $g = 9,81 \text{ м/сек}^2$  (допускается в расчетах принимать  $g = 10 \text{ м/сек}^2$ ).

При расчете возникает необходимость перевода единиц измерения. Обычно нагрузки, силы определяются в кН, так как Н слишком малая величина.

Для ориентировки в соотношении единиц измерения следует знать:

$$1 \text{ кПа} = 1 \text{ кН/м}^2; 1 \text{ МПа} = 1000 \text{ кПа}; 0,1 \text{ МПа} = 1 \text{ кН/см}^2.$$

Построение **расчётной схемы** представляет собой составную часть расчета конструкции. От того, насколько точно конструктивная схема заменяется расчетной схемой, зависят надежность и экономичность рассчитываемой конструкции.