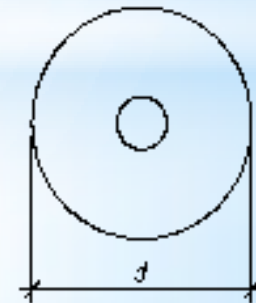
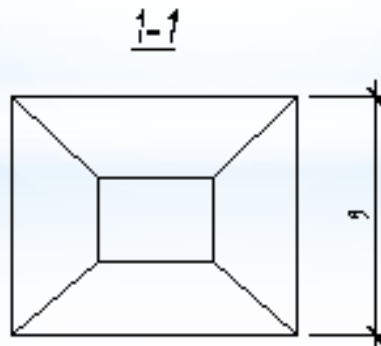
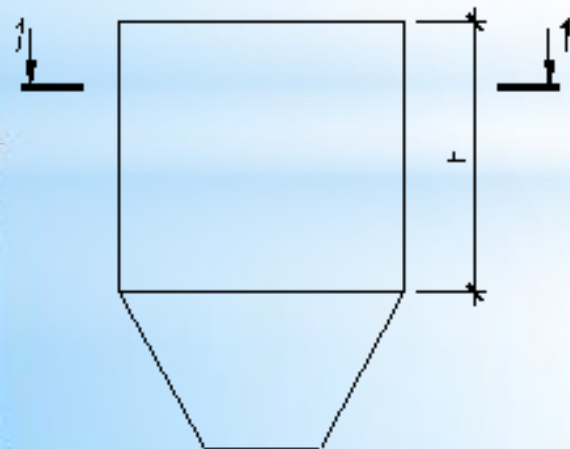
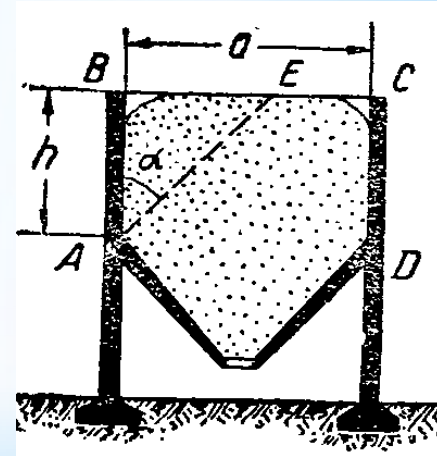




# БУНКЕРЫ

\* Отличительные особенности бункеров:

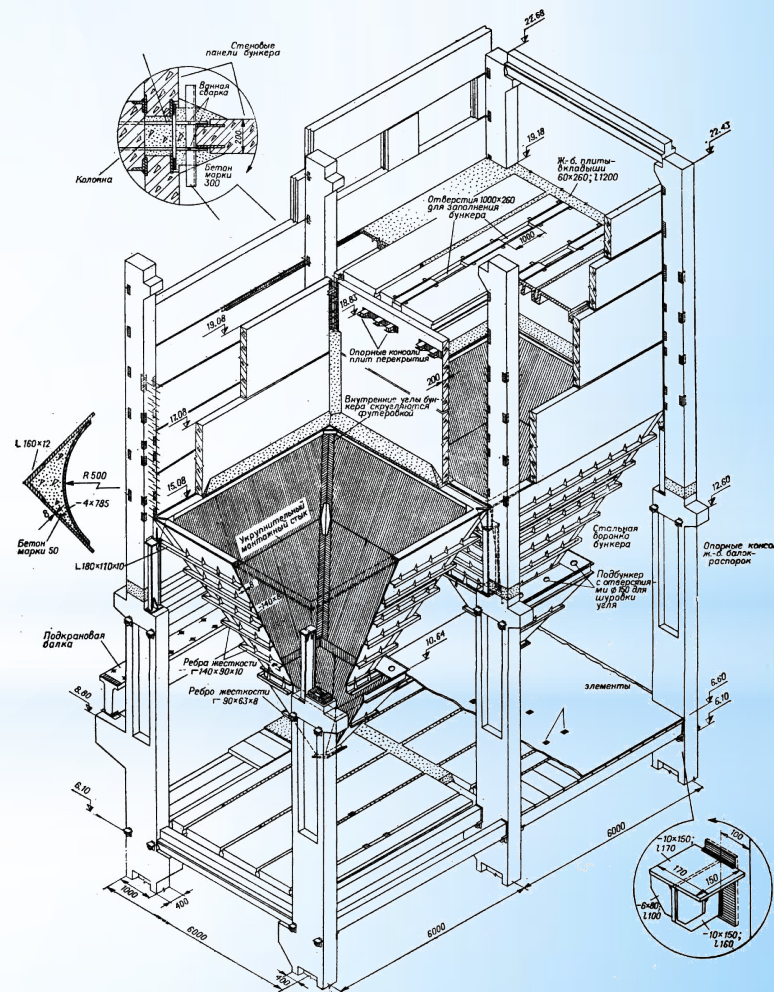
- \* 1.  $h \leq 1.5 \cdot a; (a > b)$  или  $h \leq 1.5 \cdot d$  ;
- \* 2. Днища воронкообразные с углами наклона на 5-10 больше угла естественного откоса сыпучего материала для полного источника содержимого;
- \* 3. Трение сыпучих материалов о стены бункеров в виду малости в расчете не учитываются.



# БУНКЕРЫ

Бункеры могут располагаться **внутри здания** и быть связаны с его **несущими конструкциями**.

Загрузка материала в бункеры производится различными подъемно-транспортными средствами: грейферными кранами, скиповыми подъемниками, транспортерами или путем непосредственного опорожнения над бункерами железнодорожных вагонов или вагонеток.

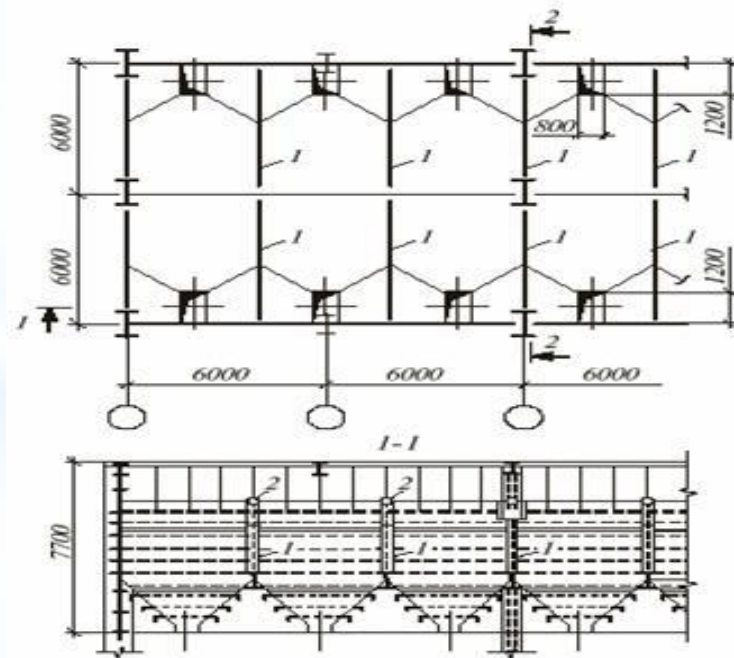
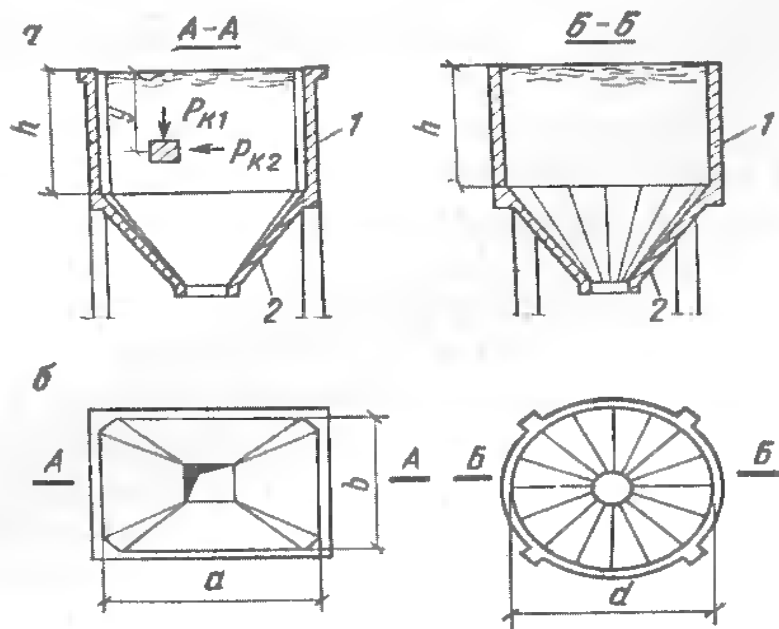


# БУНКЕРЫ

## Классификация:

### По форме:

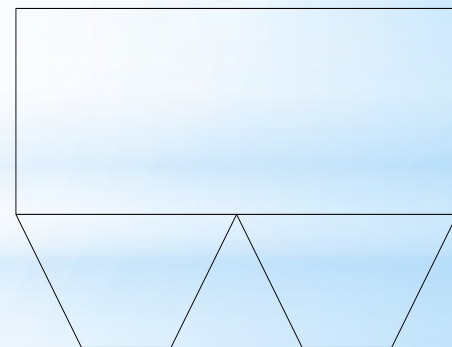
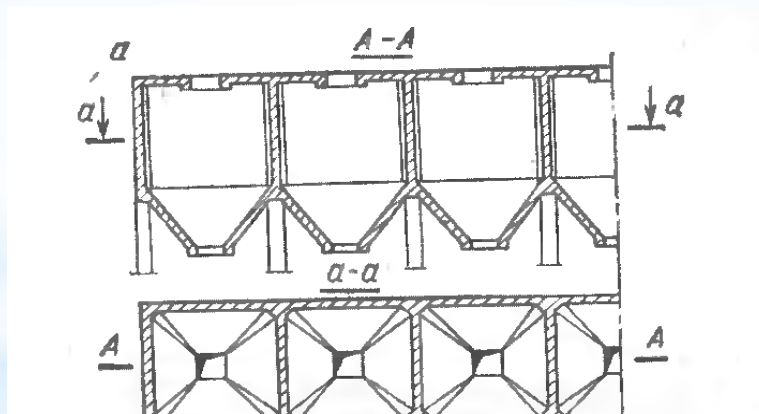
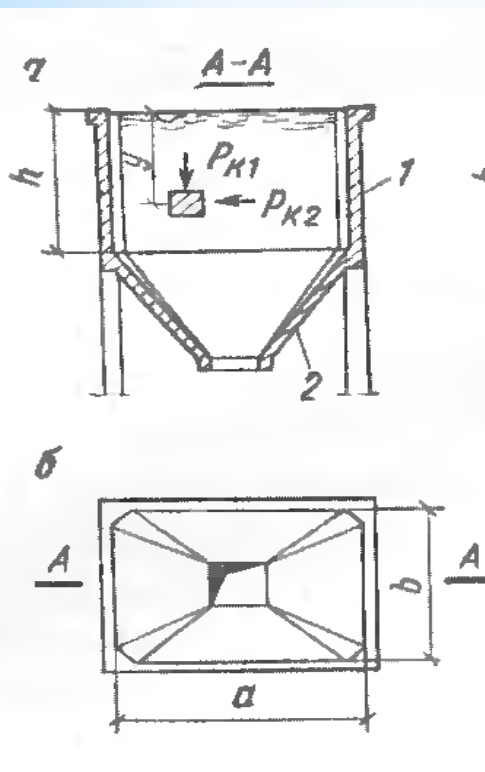
- \* Пирамидально-призматические;
- \* Конусно-цилиндрические;
- \* Лотковые.



# БУНКЕРЫ

## Классификация:

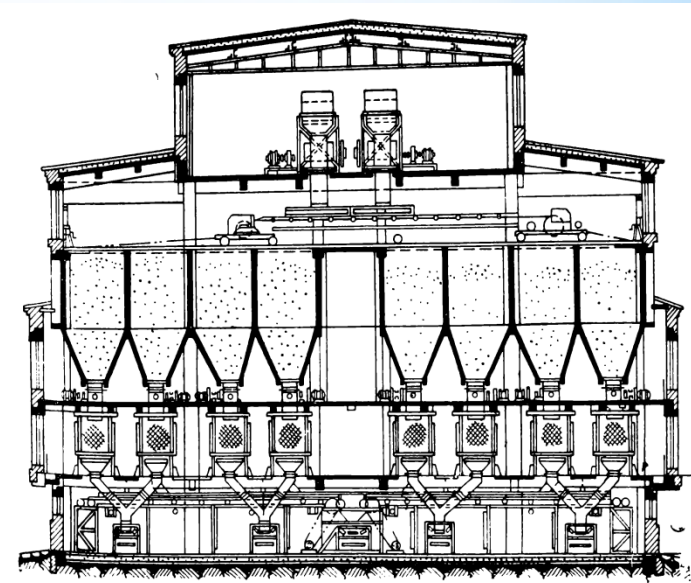
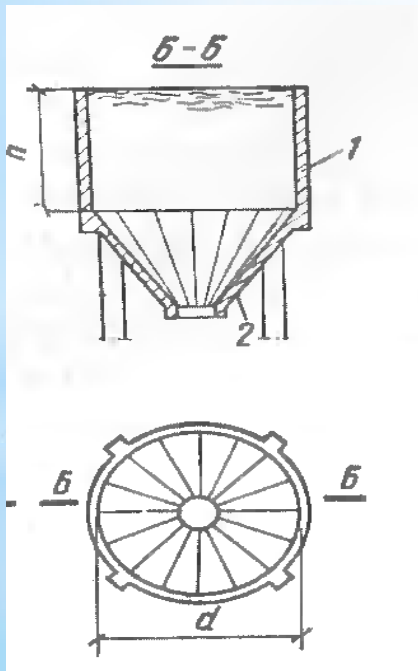
\* **пирамидально-призматические** - (прямоугольные и квадратные) наиболее распространены в промышленном строительстве. Простые в изготовлении, хорошо вписываются в габариты зданий и занимают не большую производственную площадь.



# БУНКЕРЫ

Классификация:

**Конусно-цилиндрические** более экономичные т.к. конструкция работает на растяжение без изгиба, но сложнее в изготовлении.



# БУНКЕРЫ

## Классификация:

\*Преимущества **пирамидального** бункера, по сравнению с **коническим**

- Лучше вписываются в объем зданий (особенно при размещении в ряд).
- Имеют больший эффективный объем (в пересчете на площадь занимаемой поверхности пола).

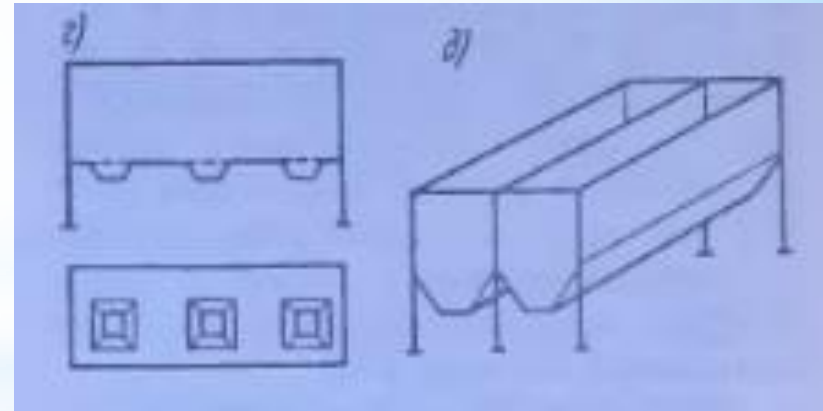
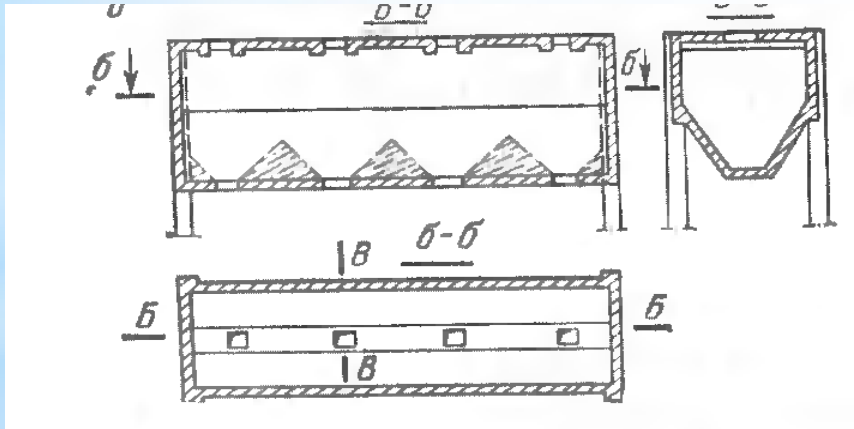
## **Недостатки**

- Неизбежность образования застойных зон груза в местах прилегания смежных стенок
- Несколько большее по сравнению с цилиндрическими бункерами время выгрузки.

# БУНКЕРЫ

## Классификация:

**Лотковые** представляют собой короткую складку и становятся выгодными при наклоне в одном направлении более 6 м. Лотковые бункеры обладают высоким коэффициентом использованного объема и значительной вместимостью.





# БУНКЕРЫ

Классификация:

По способу изготовления:

\* Монолитные;

\* Сборные.

\* Монолитные железобетонные бункеры наиболее распространены в промышленном строительстве, т.к. одновременно возводятся **малое количество одинаковых** бункеров, что не позволяет использовать преимущества сборных конструкций.

\* Могут быть **любой вместимости и формы**.



# БУНКЕРЫ

Классификация:

По способу изготовления:

Недостатки монолитных бункеров:

- \* Необходимость устройства лесов и **сложной опалубки**;
- \* Большая **трудоемкость установки арматуры** из отдельных стержней со сложной конструкцией и переменной длиной;
- \* Трудность бетонирования **наклонных граней воронки**.

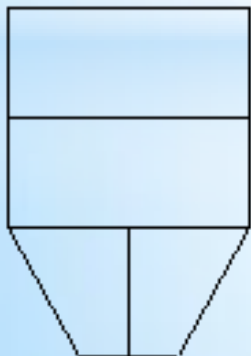


# БУНКЕРЫ

Классификация:

**По способу изготовления:**

- \* Сборные железобетонные бункера **менее трудоемки** в изготовлении.
- \* Вертикальные стены делят на **прямоугольные панели** (гладкие или ребристые), стены воронок разделяют на **треугольные или трапециевидные панели**. Сборные элементы соединяют на монтаже с помощью сварки закладных деталей. Для упрощения изготовления пирамидальную часть иногда выполняют **из металла**.



# БУНКЕРЫ

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

\* По роду хранения материала бункеры бывают **рудные, клинкерные, угольные, цементные, для песка, гравия, щебня и других материалов.**

- Горнорудная промышленность
- Угольная промышленность
- Химическая промышленность
- Промышленность строительных материалов
- Сельское хозяйство

# БУНКЕРЫ

## Расчет

### Нагрузка:

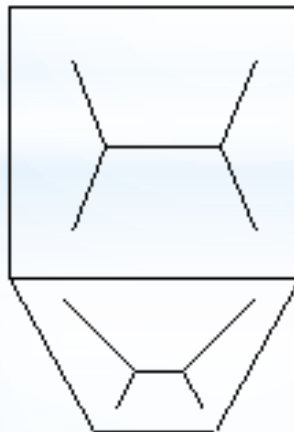
- \* Постоянная (собственный вес конструкции и футеровки);
- \* Временная (вес сыпучего материала).
- \* **Пирамидально-призматические** бункера представляют собой многогранные **пространственные** конструкции, в которых грани стены вовлекаются в **совместную работу**, благодаря чему достигается высокая общая **жесткость**.
- \* Давление на стенки определяется **без учета трения** сыпучего материала о стенки бункера и считается направленным **перпендикулярно плоскости** стенки и днища. Величина этого давления зависит от высоты слоя материала, находящегося в бункере выше рассматриваемой точки, его свойств и угла наклона к горизонту плоскости, на которую передается давление.

# БУНКЕРЫ

## Расчет

### Возможные схемы разрушения одиночного прямоугольного бункера:

- \* Разрушение стен вследствие **местного изгиба**. Каждую стену рассчитывают на местный изгиб от **давления сыпучего материала** независимо одна от другой. Влияние соседних стен учитывают, принимая защемление стен по линии контакта

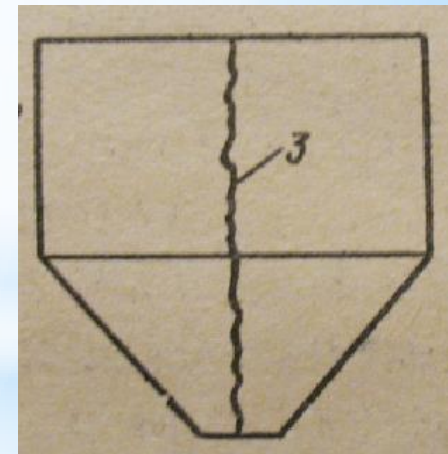
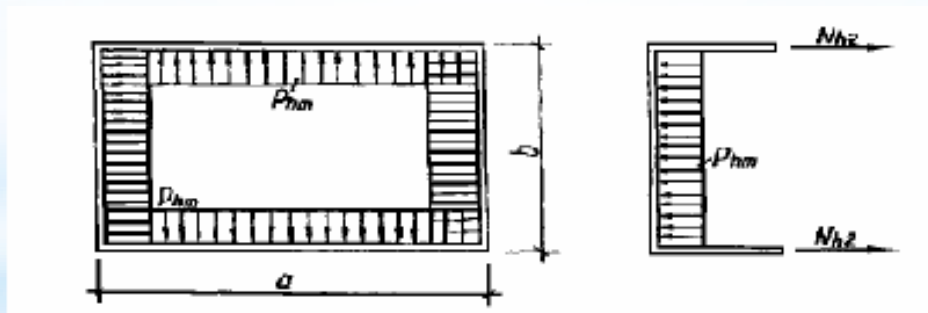
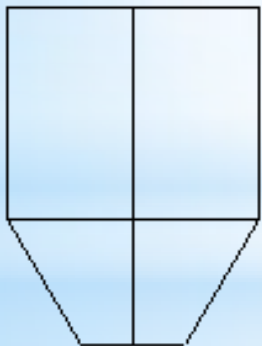


# БУНКЕРЫ

## Расчет

### Возможные схемы разрушения одиночного прямоугольного бункера:

Разрыв стен от **горизонтального внутреннего распора**. Стены испытывают растяжение: вертикальные - в горизонтальном направлении, наклонные - в обоих направлениях

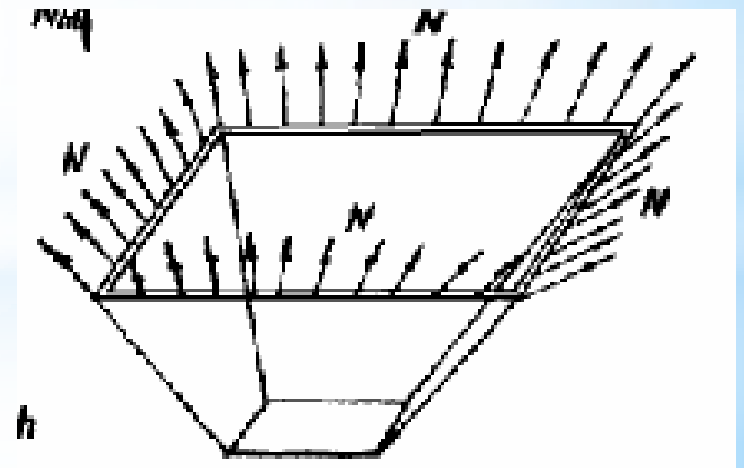
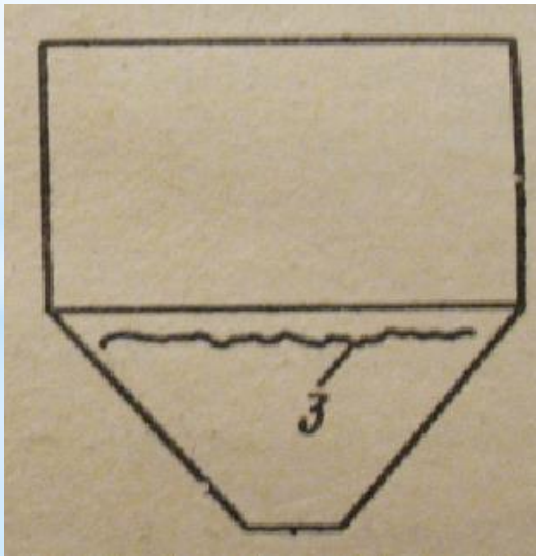


# БУНКЕРЫ

## Расчет

Возможные схемы разрушения одиночного прямоугольного бункера:

**Отрыв воронки** в ее верхнем основании, где действуют максимальные **растягивающие силы** вдоль ската воронки





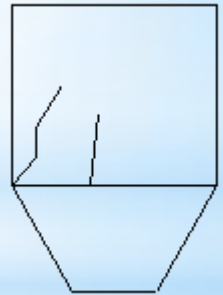
# БУНКЕРЫ

## Расчет

### Возможные схемы разрушения одиночного прямоугольного бункера:

**Изгиб** бункера в целом с изломом по **нормальным** или **наклонным** сечениям. Расчет подобен расчету железобетонных балок.

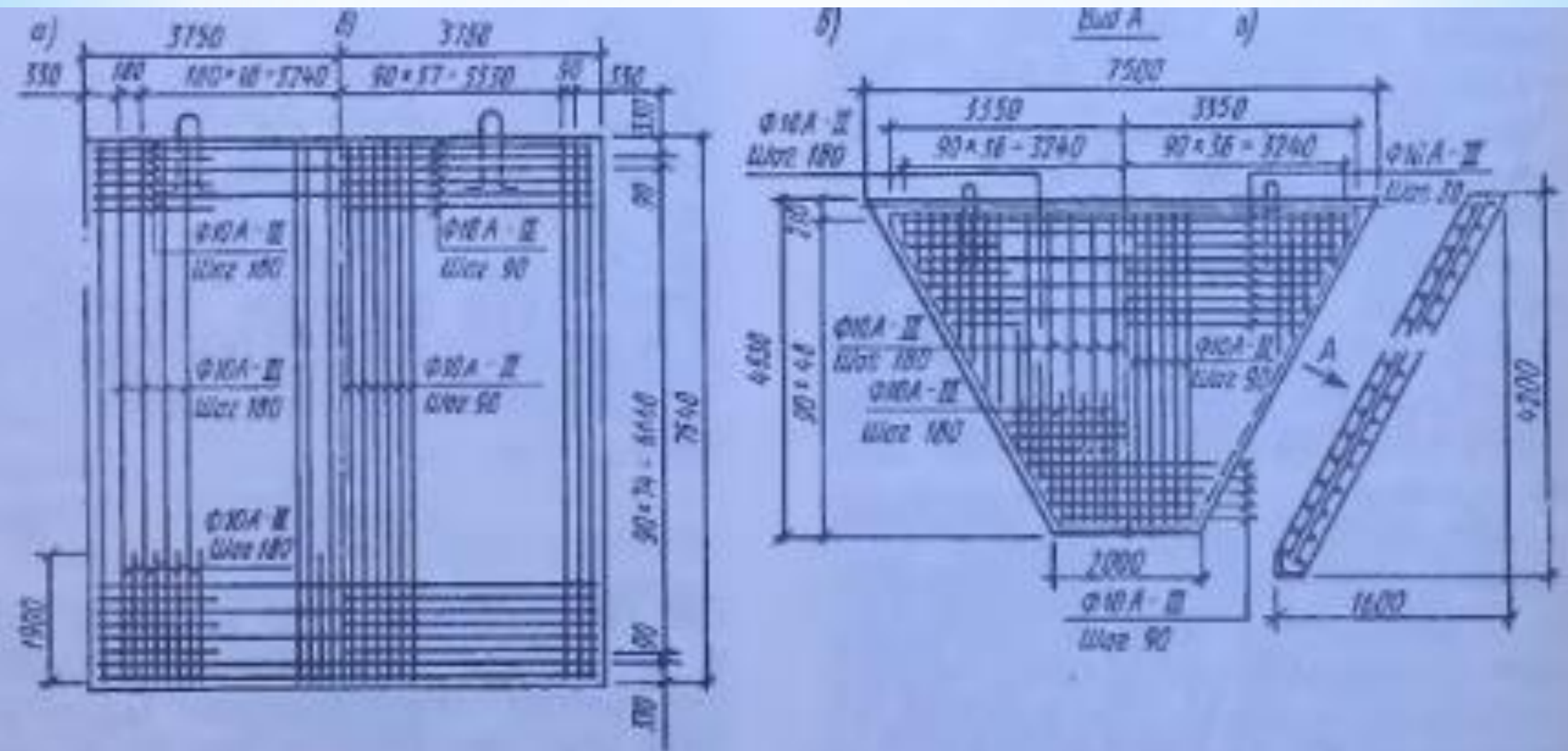
После расчета стенок бункера на местный изгиб необходимо проверить эти стенки на **общий изгиб** как коробчатой конструкции. Усилия в стенках бункера от общего изгиба обычно определяются приближенными методами в зависимости от формы бункера, способа опирания и т. п. Этот расчет исходит из схемы разрушения, связанной с появлением нормальных и наклонных трещин в нижней части бункера.



# БУНКЕРЫ

## Конструирование

- \* Стены воронки и вертикальные стены армируют плоскими двойными сетками. По ребрам устанавливают дополнительные угловые сетки.



# СИЛОСЫ

**Силос** - это саморазгружающееся ёмкостное сооружение, предназначенное для сыпучего материала, круглого, прямоугольного или многоугольного сечения в плане.



# СИЛОСЫ

## Особенности силосов

\*1.  $h > 1.5 \cdot a; (a > b)$  или  $h > 1,33 \cdot d$  ;

где  $h$  - высота стены силоса от верха днища воронки до низа надсилостного перекрытия.

\*2. Трение сыпучих материалов о стены силосов велико и должно быть учтено в расчетах.

\***Область применения:** в составе промышленных объектов (для цемента, угля, соды). В составе сельскохозяйственных объектов (элеваторы для зерна).

# СИЛОСЫ

## Состав силосов

- \* Надсилосная часть - галерея для загрузочного оборудования;
- \* Силосная часть;
- \* Подсилосная часть, где загружается содержимое в транспортные механизмы.



# СИЛОСЫ

## Классификация

### По форме

- \* **Цилиндрические**, стены которых работают в основном на **центральное растяжение**. Оптимальный диаметр - **6 м**;
- \* **Призматические** с четырьмя (квадратные), шестью, восемью гранями. Оптимальный размер стороны квадратного силоса - **3-4 м**.

# СИЛОСЫ

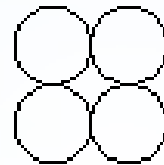
## Классификация

### По расположению

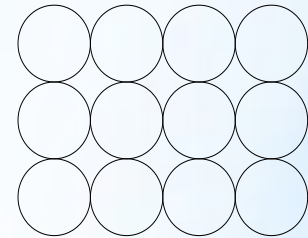
- \* **Отдельные** - цилиндрические с  $d \geq 12$  м (одиночные);
- \* **Объединенные** в корпуса (групповые).



*Однорядное  
расположение*



*Двухрядное  
расположение*



*Многорядное*

В корпусах пространство между цилиндрами используют для хранения сыпучих материалов

# СИЛОСЫ

## Классификация

### По способу изготовления

- \* Монолитные;
- \* Сборные.

Монолитные силосные корпуса могут быть с **круглыми** и **квадратными** в плане силосами. При  $d \geq 12$  м целесообразно применение **монолитных** силосов, выполняемые в **скользящей** или **переставной** опалубке.



# СИЛОСЫ

## Классификация

### По способу изготовления

В **скользящей** опалубке, удерживаемой на домкратных рамах, с механизированным подъемом, возводят силосы различного очертания без поддерживающих лесов одновременно по всему сооружению.

**Принцип создания** скользящей опалубки основан на том, что скорость ее движения соответствует скорости схватывания бетона. Возведение в скользящей опалубке целесообразно при  $h \geq 10$  м. Скорость подъема переставной опалубки - **0,6-0,8 м** в сутки. Преимущества - возможность **изменения толщины** стен по высоте и **армирование их сварными сетками**.

# СИЛОСЫ

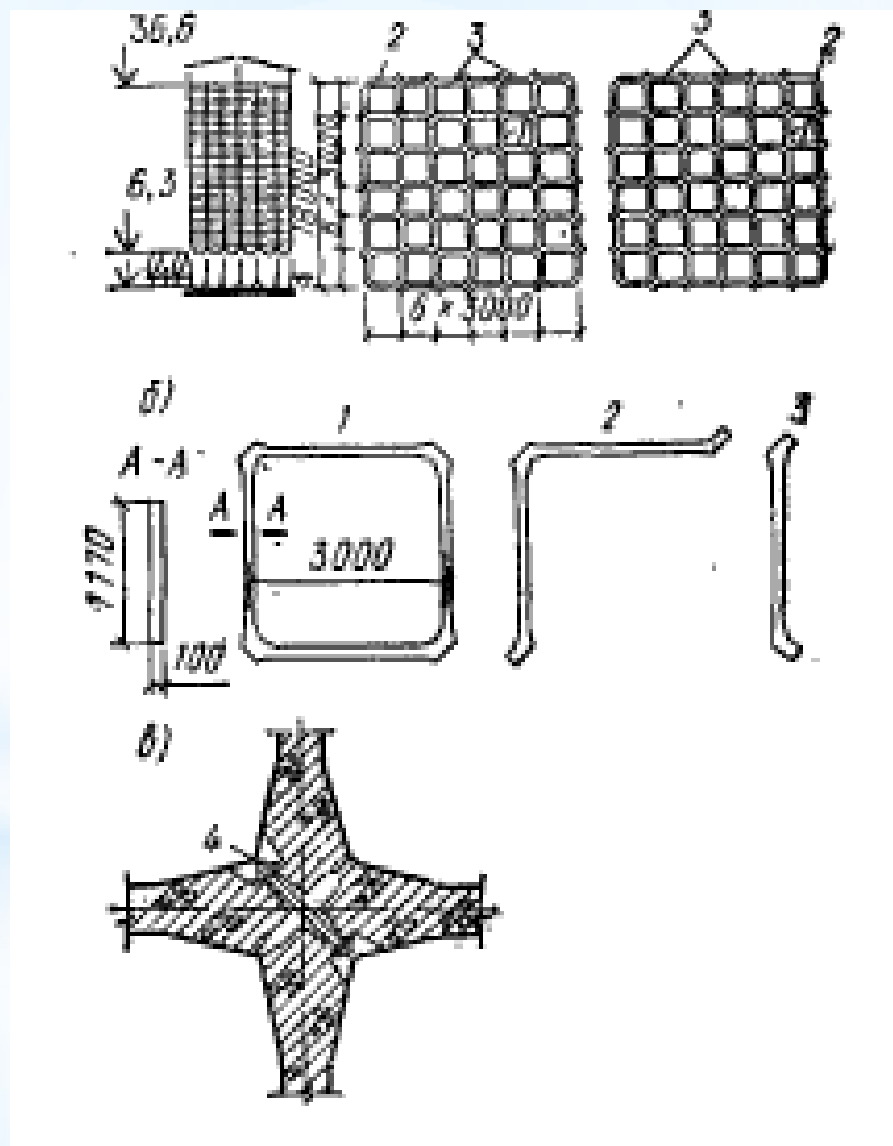
## Классификация

### По способу изготовления

**Сборные силосы** круглые в плане  $d = 3$  м и квадратные  $3 \times 3$  м проектируют из **объемных блоков**; при больших размерах стены силосов выполняют из отдельных элементов, укрепленных перед монтажом в блоке или из элементов, монтируемых без предварительного укрепления. **Горизонтальная разрезка** стен силосов должна производиться на элементы кратные по высоте **600 мм**. Такая разрезка по направлению наименьших усилий соответствует работе конструкций силоса и не вызывает осложнений при изготовлении и монтаже. Вертикальное положение требует более сложного конструктивного решения.

# СИЛОСЫ

## Классификация

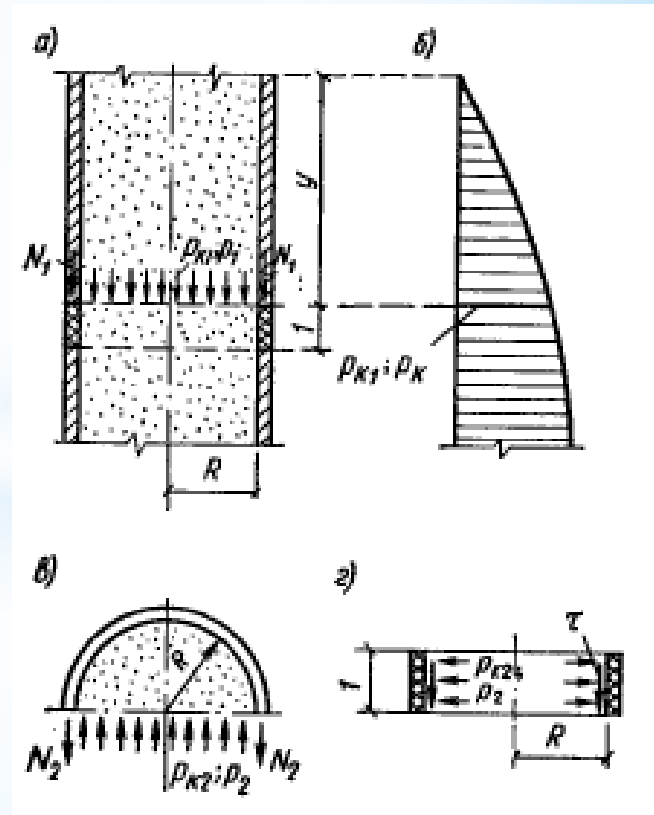


# СИЛОСЫ

## Расчет

### Нагрузки

- \* **Постоянные** - вес конструкции;
- \* **Временные** - давление от сыпучего материала: вертикальное и горизонтальное;
- \* **Вертикальное** давление, передающееся давление стене силоса вследствие трения сыпучего материала.

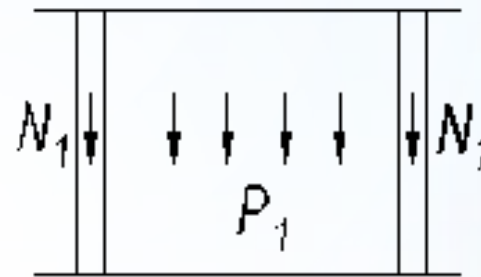
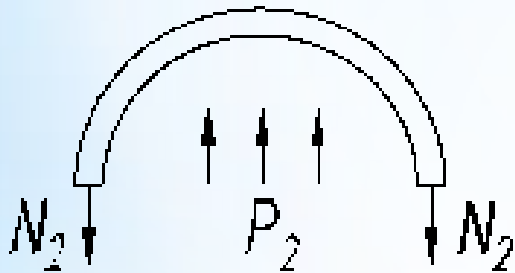


# СИЛОСЫ

## Расчет

### Цилиндрический силос

- \* Стена цилиндрического силоса растягивается силой (**осевое растяжение**), площадь сечения горизонтальной арматуры  $A_s = \frac{N_2}{R_s}$  ;



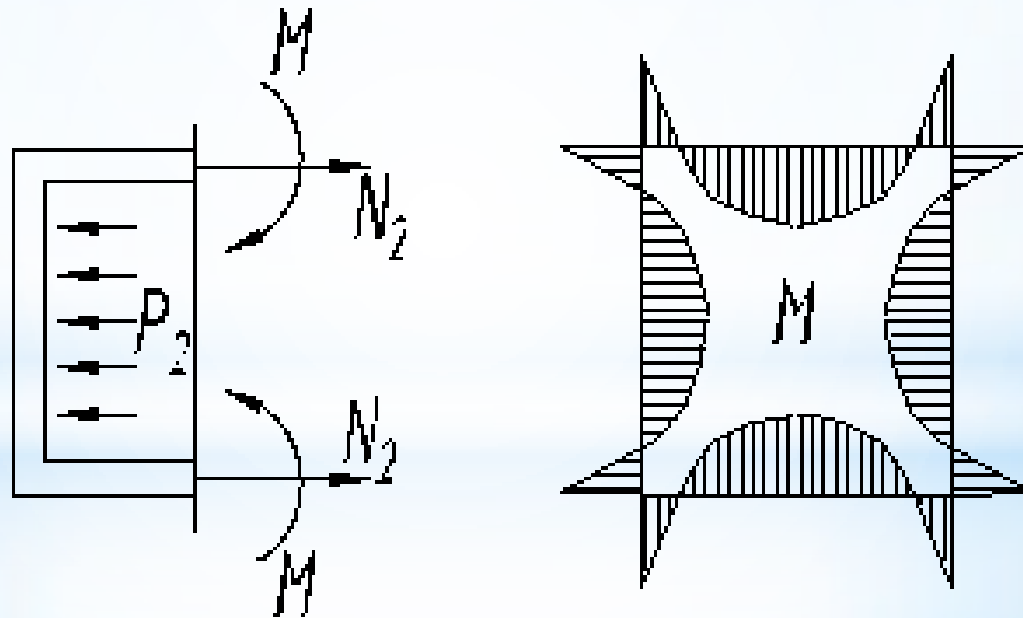
- \* В **вертикальном** направлении стена силоса любой формы сжимается силой , по которой проверяется прочность стен как сжатых элементов, в наиболее загруженных местах (у воронки).

# СИЛОСЫ

## Расчет

### Квадратный силос

- \* Ячейку квадратного силоса рассчитывают на каждом ярусе высоты, как замкнутую раму под действием давления  $P_2$ .



# СИЛОСЫ

## Расчет

### Квадратный силос

Стена испытывает растяжение и изгиб (**внецентренное растяжение**).

Стены силосов рассчитывают по **образованию и раскрытию трещин**.

Стены силосов армируют **двойной арматурой**.

