

20. Железобетонные бункера

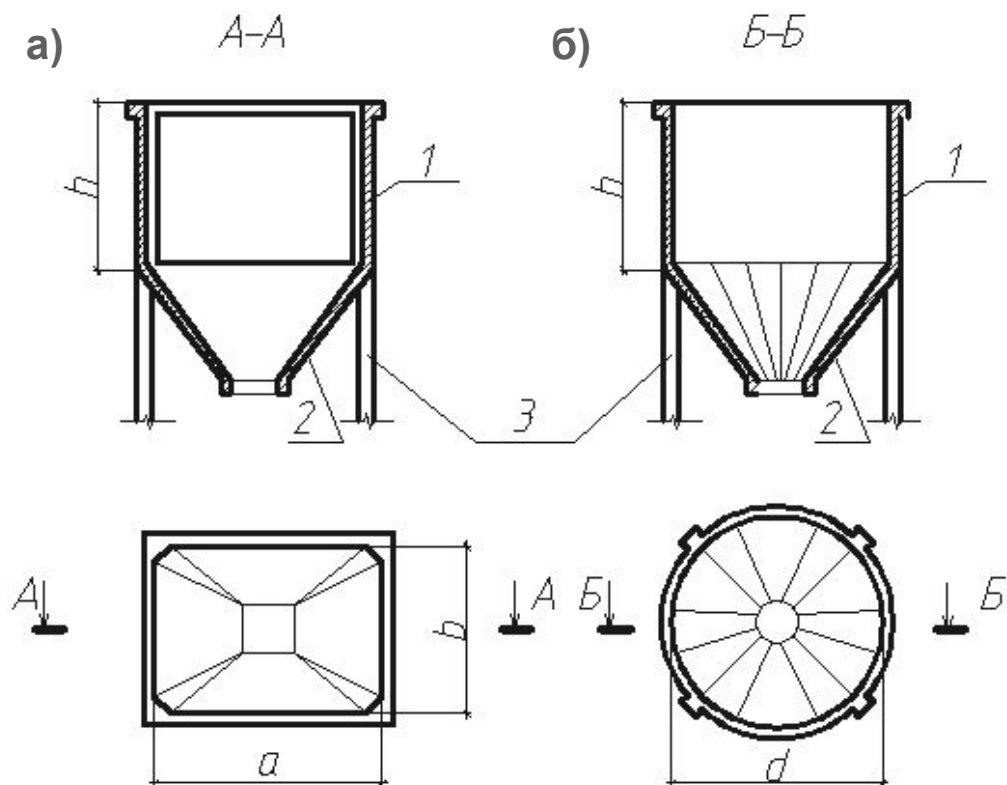


20. Железобетонные бункера

- 20.1. Общие сведения о бункерах и бункерных устройствах и классификация бункеров
- 20.2. Схемы разрушения
- 20.3. Расчет
 - 20.3.1. Определение давления сыпучего материала на стены и на стенки воронки
 - 20.3.2. Определение горизонтальных растягивающих и скатных усилий
 - 20.3.3. Определение скатных растягивающих усилий
 - 20.3.4. Определение местных изгибающих моментов
- 20.4. Конструирование

20.1 Общие сведения о бункерах и бункерных устройствах и классификация бункеров

Бункер - емкость для сыпучих материалов призматической или цилиндрической формы при соотношении глубины h и размеров в плане, отвечающем условию $h \leq 1,5a$ (где $a > b$) или $h \leq 1,5d$ (рис.1). Выпускные отверстия бункеров часто перекрываются затворами.



*Рис.20.1. Одиночные бункера
(монолитные)*

*а) призматической формы ;
б) цилиндрической формы ;
1 - стена ;
2 - воронка ;
3 - опоры ;
h- высота бункера ;
a, b- размеры в плане ;
d- диаметр*

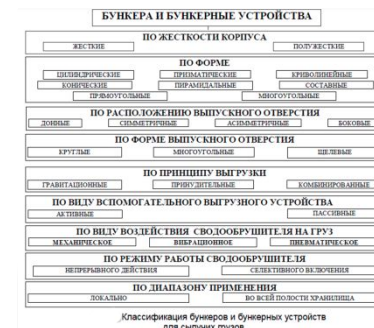
20.1 Общие сведения о бункерах и бункерных устройствах и классификация бункеров

Приемные бункера предназначены для приема сыпучих грузов из транспортных средств, компенсируя неравномерность подачи в склад или в технологическую линию, поэтому размеры бункера должны обеспечивать достаточный фронт разгрузки.

Промежуточные бункера служат для операций, связанных с хранением и отпуском груза внутри производственно-технологических линий. К ним относятся емкости, обеспечивающие длительное хранение силоса, а также операции сушки, дозирования, смешивания и др.

Отпускные бункера, используются для накопления, кратковременного хранения и отгрузки сыпучего груза в тару и транспортные средства.

Все вышеперечисленные разновидности емкостей оснащаются приспособлениями и механизмами, обеспечивающими стабилизацию их функционирования. К последним относятся загрузочные приспособления, затворы, питатели, активные и пассивные побудители истечения. Классификация емкостей для сыпучих грузов в стационарном исполнении с разновидностями бункерных приспособлений представлена ниже.



Дополнительная классификация.

20.1 Общие сведения о бункерах и бункерных устройствах и классификация бункеров

Бункерное устройство – это саморазгружающаяся емкость для сыпучих грузов.

Загрузочные приспособления – это технические средства, предназначенные для оптимизации заполнения емкости сыпучими грузами.

Затворы - служат для регулирования и перекрытия потока груза из выпускных отверстий бункера.

Питателями называют механизмы, при помощи которых осуществляется равномерная регулируемая подача сыпучих грузов из емкостей в технологическую линию (непосредственно или через промежуточные емкости).

Стабилизаторами истечения называются устройства, перераспределяющие давление груза в емкости. Пассивный стабилизатор истечения в некоторых случаях может быть неотъемлемой частью загрузочных устройств.



20.1 Общие сведения о бункерах и бункерных устройствах и классификация бункеров

Железобетонные бункера строят монолитными и сборными. Конструктивные схемы бункеров приведены на рисунках 2 и 3.

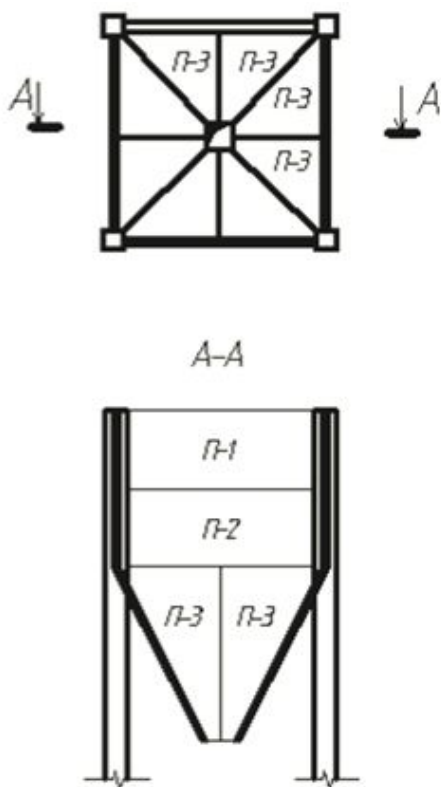


Рис.20.2. Схема разрезки бункера на сборные элементы
П-1, П-2 - ж/б панели боковых стенок;
П-3 – ж/б панели воронки

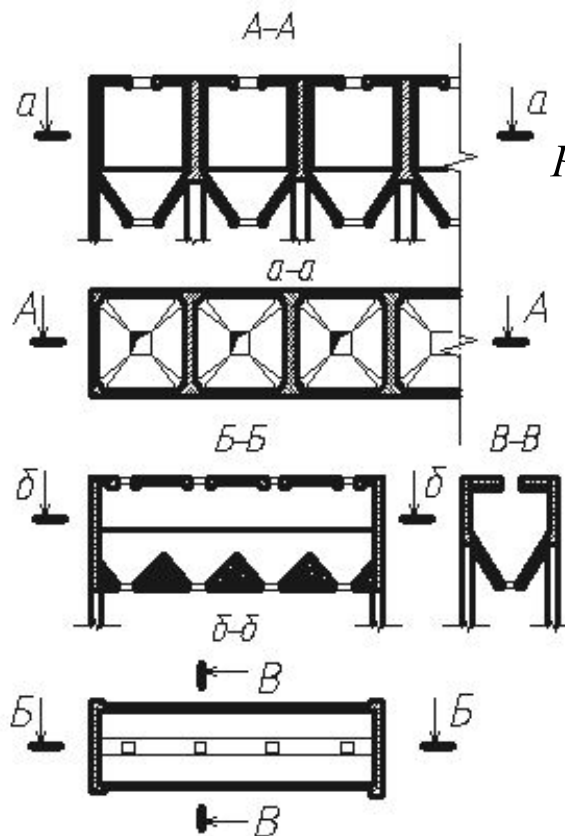


Рис.20.3. Монолитные бункера

а - многоячейковый;
б - лотковый

20.2 Схемы разрушения

Одиночный прямоугольный бункер может разрушиться по нескольким схемам:

- а) Разрыва стен от горизонтального внутреннего распора;
- б) отрыва воронки;
- в) вследствие местного изгиба стен;
- г) изгиба бункера в целом.

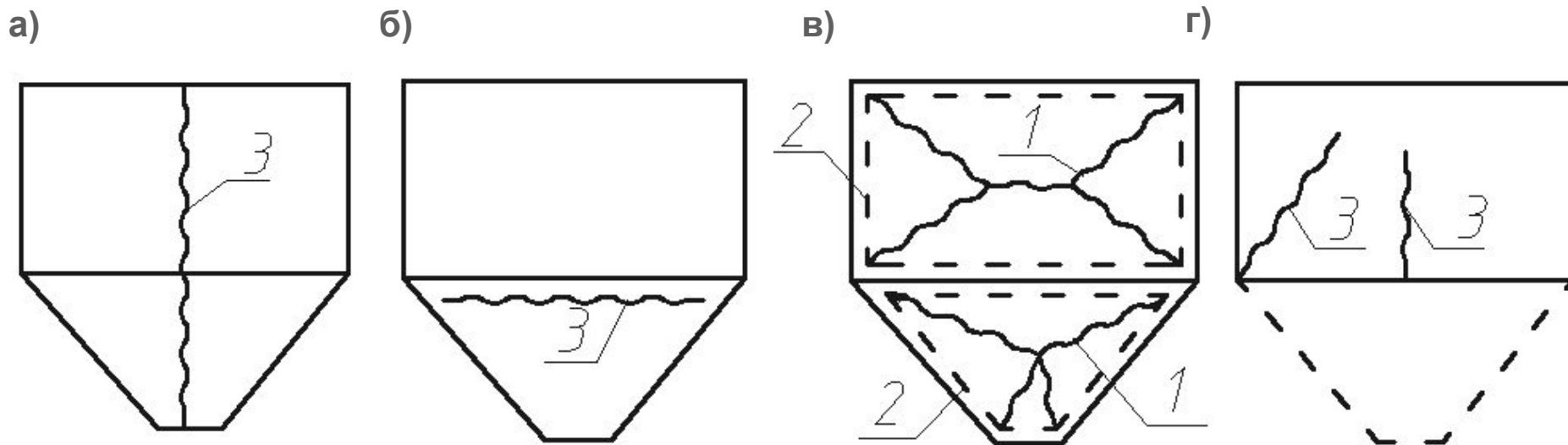


Рис.20.4. Возможные схемы разрушения бункеров

- 1- Трещины от изгиба стены из своей плоскости;
- 2- то же внутри бункера;
- 3- трещины от сил, действующих в плоскости стен бункера

20.3 Расчет

20.5.1. Определяется давление материала на стены и на стенки воронки.

Поскольку высота бункера по сравнению с размерами в плане не значительна, то трением сыпучего материала о стенки при определении усилий пренебрегают.

Расчетная величина **вертикального** давления от веса сыпучего материала.

$$p_n = \gamma_f \cdot \gamma \cdot h_i, \quad (20.1)$$

где h_i - высота засыпки от верха бункера, до точки, в которой определяется давление;

γ_f - коэффициент по надежности ($\gamma_f \approx 1.3$);

γ - объемная масса сыпучего материала.

Расчетная величина **горизонтального** давления:

$$p_t = \gamma_f \cdot \gamma \cdot \lambda \cdot h_i, \quad (20.2) \quad \text{где } \lambda - \text{коэффициент бокового давления;}$$

$$\lambda = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right); \quad (20.3)$$

φ - угол внутреннего трения сыпучего материала.

20.3.1. Определяется давление материала на стены и на стенки воронки

Расчетные нормальное и касательное давление на наклонные стены:

$$p_n = \gamma_f \cdot m_0 \cdot \gamma \cdot h_j; \quad (20.4) \quad p_t = \gamma_f \cdot m'_0 \cdot \gamma \cdot h_j; \quad (20.5)$$

$$m_0 = \lambda \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha; \quad (20.6)$$

$$m'_0 = (1 - \lambda) \sin \alpha \cos \alpha; \quad (20.7)$$

α угол наклона плоскости стенки к горизонту.

К расчетам добавляют составляющие от собственного веса наклонной стены:

$$g_n = \gamma_f \cdot g \cdot \cos \alpha; \quad (20.8)$$

$$g_t = \gamma_f \cdot g \cdot \sin \alpha, \quad (20.9)$$

где g - вес наклонной стены;

γ_f - коэффициент надежности (1,1).

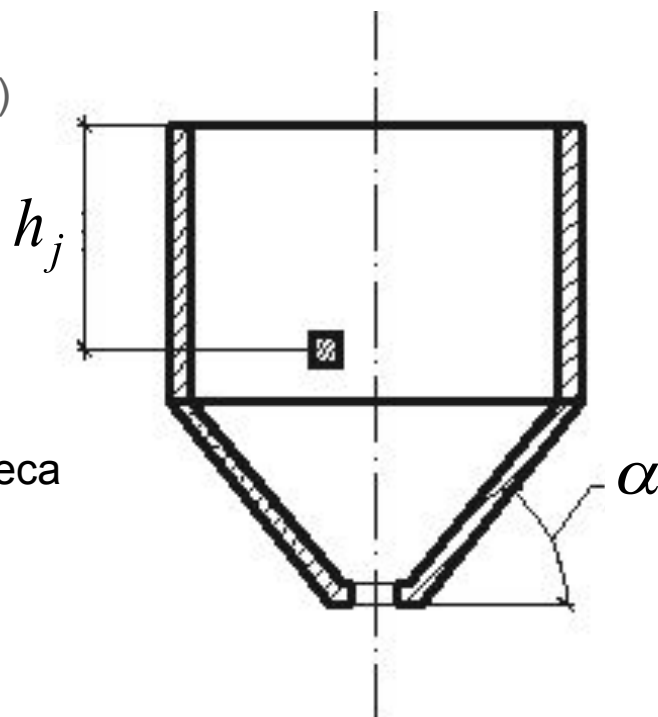


Рис.20.5. Схема к определению давления на стенки бункера

20.3.2 Расчет горизонтальных растягивающих и скатных усилий

Бункер делится по высоте на несколько частей, внизу каждой части выделяется полоса высотой 1м (данный бункер разделен на 2 части).

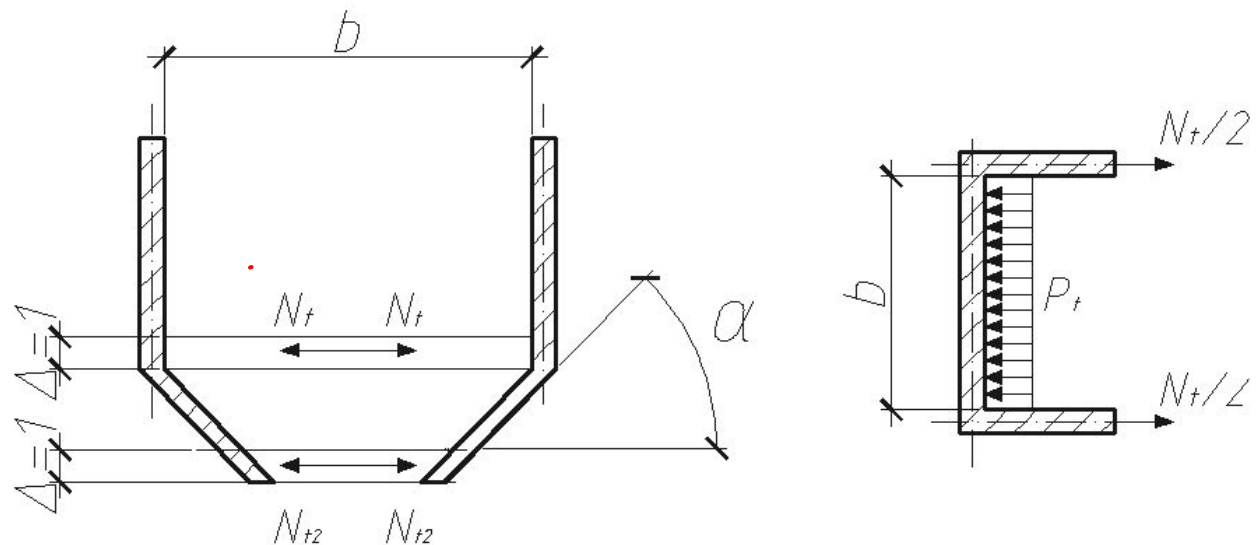


Рис.20.6. Схема к определению горизонтальных растягивающих и скатных усилий

-для полосы $\Delta = 1$ (вертикальная стенка):

$$N_h = p_h \cdot \frac{b}{2}, \quad (20.10)$$

-для наклонной стенки:

$$N_t = p_h \cdot \frac{b}{2} \sin \alpha, \quad (20.11)$$

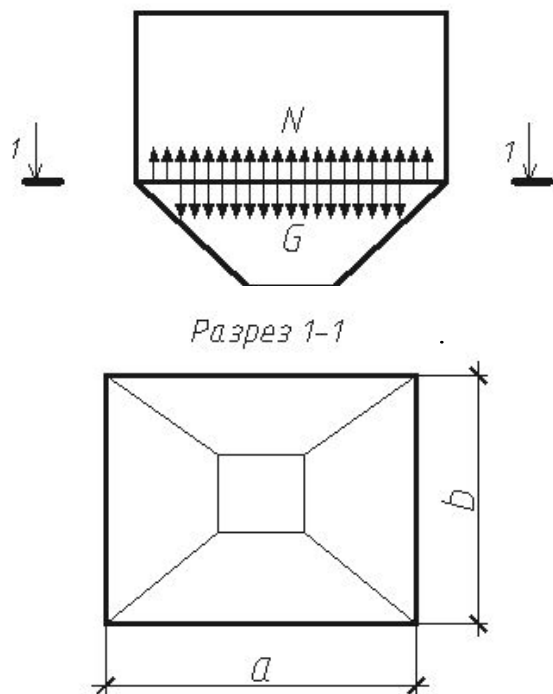
где p_h - расчетное давление на вертикальные стенки;

b - ширина вертикальной стенки;

α - угол наклона стенки воронки.

20.3.3 Определение скатных растягивающих усилий

В этом расчете мы проверяем прочность воронки на отрыв. Максимальные растягивающие усилия вдоль ската воронки действуют в ее верхнем основании.



$$N = \frac{(G_1 + G_2)}{2(a + b) \cdot \sin \alpha}, \quad (20.12)$$

где G_1 - масса содержимого бункера;
 G_2 - вес воронки;

a, b - размеры бункера в рассматриваемом сечении.

Усилия передаются только на скатную арматуру, с помощью которой воронка присоединена к вертикальным стенам бункера.

$$A_s = \frac{N}{R_s}, \quad (20.13) \quad \text{где } A_s - \text{площадь растянутой арматуры};$$

N - растягивающее усилие;

R_s - расчетное сопротивление арматуры растяжению.

Рис.20.7. Схема к определению скатных растягивающих усилий

20.3.4 Определение местных изгибающих моментов.

Каждую стену бункера рассчитывают, на местный изгиб самостоятельно.

Расчет можно производить по одной из трех методик:

- 1) По методике предельного равновесия в предположении образования в стенах пластичных шарниров по форме трещин. Поскольку при этом происходит значительное раскрытие трещин, этим методом пользуются в случаях, когда содержимое бункеров не оказывает агрессивного воздействия на арматуру.
- 2) Исходя из упругой работы материала стенки. В этом случае $M_{\text{изг}}$ находится по таблице. Расчетная схема вертикальных стенок – плита, защемленная по трем сторонам, загружается давлением сыпучего материала.

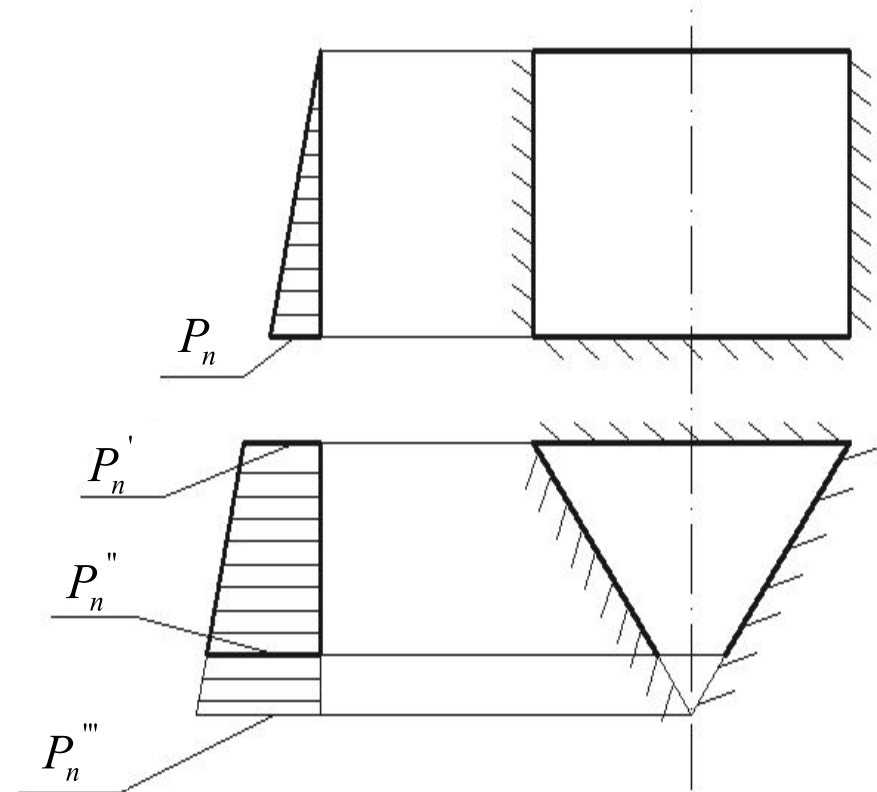


Рис.20.8. Схема местных изгибающих моментов

20.3.4 Определение местных изгибающих моментов.

В узлах сетки определяется $M_{\text{изг}}$ (по таблице).

Регулируя шаг сетки, можно определять $M_{\text{изг}}$ в любой точке.

3) В современных условиях расчет лучше выполнять на ЭВМ

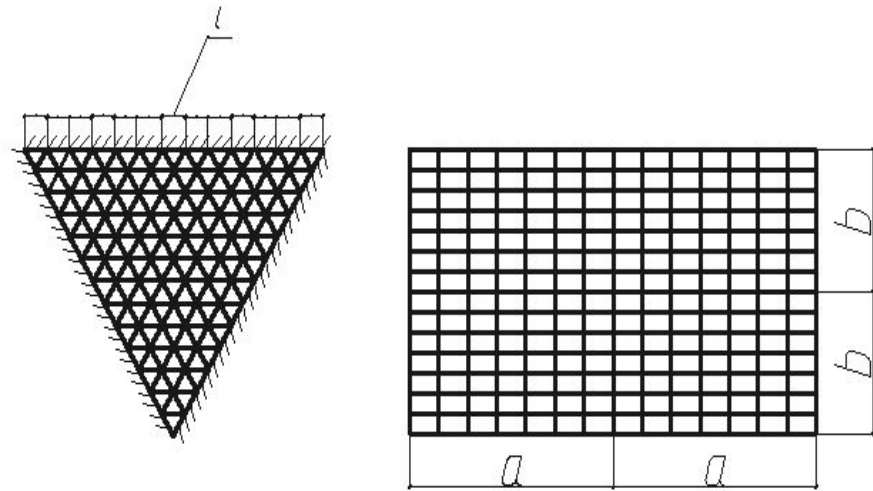
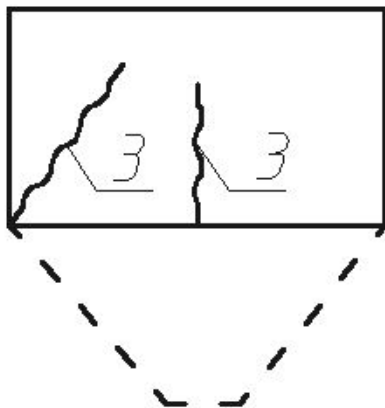


Рис.20.9. Схема сеток для определения усилий в точках

В вертикальных стенках бункеров возникает усилие от общего изгиба.

Расчет бункера проводится как балки.

Задача статического расчета заключается в определении $M_{\text{изг}}$ и поперечной силы Q .

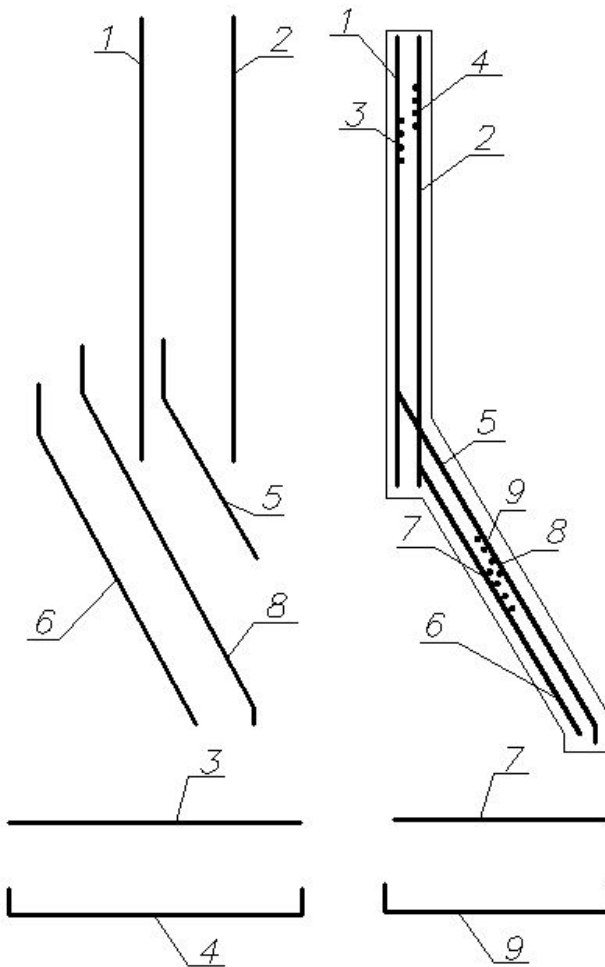


Прочностные расчеты:

- подбор продольной арматуры от $M_{\text{изг}}$;
- подбор вертикальной арматуры от действия поперечной силы Q (прочность наклонных сечений).

Рис.20.10. Схема общего изгиба

20.4 Конструирование



Стенки воронки армируют плоскими двойными сетками. Течки – гнутыми сетками.

- 1- Вертикальная арматура наружной сетки стенки;
- 2- вертикальная арматура внутренней сетки стенки;
- 3- горизонтальная арматура внешней сетки стенки;
- 4- горизонтальная арматура внутренней сетки стенки;
- 5- вертикальная арматура внутренней сетки воронки;
- 6- вертикальная арматура внешней сетки воронки;
- 7- горизонтальная арматура внешней сетки воронки;
- 8- вертикальная арматура внутренней сетки воронки;
- 9- горизонтальная арматура внутренней сетки воронки.

Рис.20.11. Армирование стенок бункера

БУНКЕРА И БУНКЕРНЫЕ УСТРОЙСТВА

ПО ЖЕСТКОСТИ КОРПУСА

ЖЕСТКИЕ

ПОЛУЖЕСТКИЕ

ПО ФОРМЕ

ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ

ПРИЗМАТИЧЕСКИЕ

КРИВОЛИНЕЙНЫЕ

КОНИЧЕСКИЕ

ПИРАМИДАЛЬНЫЕ

СОСТАВНЫЕ

ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ

МНОГОУГОЛЬНЫЕ

ПО РАСПОЛОЖЕНИЮ ВЫПУСКНОГО ОТВЕРСТИЯ

ДОННЫЕ

СИММЕТРИЧНЫЕ

АСИММЕТРИЧНЫЕ

БОКОВЫЕ

ПО ФОРМЕ ВЫПУСКНОГО ОТВЕРСТИЯ

КРУГЛЫЕ

МНОГОУГОЛЬНЫЕ

ЩЕЛЕВЫЕ

ПО ПРИНЦИПУ ВЫГРУЗКИ

ГРАВИТАЦИОННЫЕ

ПРИНУДИТЕЛЬНЫЕ

КОМБИНИРОВАННЫЕ

ПО ВИДУ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ВЫГРУЗНОГО УСТРОЙСТВА

АКТИВНЫЕ

ПАССИВНЫЕ

ПО ВИДУ ВОЗДЕЙСТВИЯ СВОДООБРУШИТЕЛЯ НА ГРУЗ

МЕХАНИЧЕСКОЕ

ВИБРАЦИОННОЕ

ПНЕВМАТИЧЕСКОЕ

ПО РЕЖИМУ РАБОТЫ СВОДООБРУШИТЕЛЯ

НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

СЕЛЕКТИВНОГО ВКЛЮЧЕНИЯ

ПО ДИАПАЗОНУ ПРИМЕНЕНИЯ

ЛОКАЛЬНО

ВО ВСЕЙ ПОЛОСТИ ХРАНИЛИЩА

Емкости для сыпучих грузов в транспортно-грузовых системах/ И.В. Горюшинский, И.И. Кононов, В.В. Денисов, Е.В. Горю-шинская, Н.В. Петрушкин. Учебное пособие. - Самара: СамГАПС, 2003. – 232с.