Расчет бункеров

1. Расчет давления материала на стенки бункера

Вертикальное давление материала на горизонтальную стенку

$$P_в = h\gamma, \quad кг/м^2$$

Горизонтальное давление материала на вертикальную стенку

$$P_г = \frac{1-\sin\varphi}{1+\sin\varphi} = P_в m, \quad кг/м^2$$

Нормальное давление

$$P_н = h\gamma(\cos^2\alpha + m\sin^2\alpha), \quad кг/м^2$$

Тангенциальное давление

$$P_T = h\gamma(1-m)\cos\alpha\sin\alpha, \quad кг/м^2$$

Наименование материала	Плотность, кг/м^3
Песок формовочный сухой	1200
Песок кварцевый	1500 – 1600
Формовочная смесь сухая	1400
Формовочная смесь в разрыхленном состоянии W=4 – 5%	990 – 1100
Глина крупнокусковая	1000 – 1800
Глина порошкообразная	400 – 1280
Уголь молотый	600 – 800
Древесная мука	110 – 210
Опилки древесные	160 – 600
Пульвербакелит	600 – 1000
Кальцинированная сода	530
Докстрин	400 – 500
Вода при 15^{0}С	1000
Сульфитно-спиртовая барда	1250 – 1300
Жидкое стекло	1430 – 1550
Глинистая суспензия 20%-ная	1135
Глинистая суспензия 30%-ная	1170
Керосин	790 – 820
Мазут	910 – 950
Ацетон	790
Крепитель II	820 – 880
Растительное масло	933

Удельное давление на затвор, питатель, дозатор – формула Янсена для силосов

$$P_{затв} = \frac{\gamma \cdot R}{m \cdot tg\varphi}, \quad кг/м^2$$

$$R = \frac{площадь\ отверстия\ истечения}{периметр\ отверстия\ истечения}$$

Эмпирическая формула Аумунда

$$P_{затв} = \frac{2}{3}\gamma, \quad кг/м^2$$

Полное вертикальное давление для прямоугольных отверстий

$$P_{пр} = \frac{\gamma a^2 b^2}{2fm(a+b)}, \quad кг/м^2$$

Полное вертикальное давление для цилиндрических отверстий

$$P_ц = \frac{\pi \gamma D^3}{16 fm}, \quad кг / м^2$$

Наибольшая сторона выпускного отверстия

$$a = k(z + 80) tg\varphi, \quad мм$$

2. Выбор угла наклона стенки бункера

Наименее вероятное зависание при максимальном отношении

$$\frac{P_T}{P_H} = \frac{(1-m)\sin\alpha\cos\alpha}{\cos^2\alpha + m\sin^2\alpha} = \psi,$$

$$\alpha_{опт} = 45^0 + \varphi/2$$

α	30	35	40	45	50	55	60	65
ф=Рт/Рн	0,407	0,479	0.546	0,616	0,676	0,732	0,768	0,778

3. Пропускная способность бункера

Нормальное истечение

$$\upsilon_{ист} = \lambda\sqrt{3{,}3gR}, \quad м/с$$

Гидравлическое истечение

$$\upsilon_{ист} = \lambda\sqrt{2gh}, \quad м/с$$

Пропускная способность или производительность бункера

$$П = 3600F\upsilon_{ист}, \quad м^3/ч$$

4. Расчет обшивки бункера

Максимальное давление на стенку

$$P_{ср} = \frac{P_H^I + P_H^{II}}{2}, \quad кг/см^2$$

Максимальный изгибающий момент

$$M_{изг} = \beta P_{ср} a^2 в, \quad кг/см$$

Для пластин с защемленными кромками

в/а	1	1,5	2	2,5
β	0,0513	0,0757	0,0829	0,0833

Для пластин опирающихся по контуру

в/а	1	1,5	2	2,5
β	0,0479	0,0812	0,1017	0,125

Момент сопротивления прямоугольного листа

$$W = \frac{B\delta^2}{\sigma}, \quad см^3$$

Откуда:

$$\sigma = \frac{M_{изг}}{W} = \frac{6\beta P_{ср} a^2}{\delta^2} \le [\sigma], \quad кг/см^2$$

Или с учетом запаса толщины на коррозию

$$\delta = a\sqrt{\frac{6\beta P_{cp}}{[\sigma]}} + (0{,}1 \div 0{,}2), \quad см$$

Максимальное напряжение на расстоянии y=3/4h

$$\sigma_{1\max} = \frac{3 \cdot \gamma \cdot h^2}{16 \cdot \delta \cdot \sin\alpha \cdot tg\alpha}, \quad кг/см^2$$

Максимальное напряжение на расстоянии y=1/2h

$$\sigma_{2\max} = \frac{\gamma \cdot h^2(\cos^2\alpha + m\sin^2\alpha)}{4 \cdot \delta \cdot \sin\alpha \cdot tg\alpha} \le [\sigma], \quad кг/см^2$$

В случае цилиндроконического бункера

$$\sigma_{1\max} = \frac{R\gamma}{2\delta}\left(h_1 + \frac{h_2}{3}\right) \le [\sigma], \quad кг/см^2$$

$$\sigma_{2\max} = \frac{\gamma \cdot h_1 \cdot mR}{\delta} \le [\sigma], \quad кг/см^2$$

В конической части (необходимо чтобы h_1 не превышала $1/3h_2$)

$$\sigma_1 = \frac{3\gamma(h_1 + h_2)}{16\delta \sin\alpha tg\alpha} \le [\sigma], \quad кг/см^2$$

$$\sigma_2 = \frac{\gamma \cdot (h_1 + h_2)^2 (\cos^2\alpha + m\sin^2\alpha)}{4 \cdot \delta \cdot \sin\alpha \cdot tg\alpha} \le [\sigma], \quad кг/см^2$$