ТЕМА 3. МАШИНЫ ДЛЯ ОТСЕВА, ДОЗИРОВАНИЯ И СМЕШИВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ

- 1. Грохоты, назначение и конструкции
- 2. Питатели и дозаторы, назначение и конструкции
- 3. Барабанные смесители и окомкователи шихты

1. Грохоты, назначение и конструкции

Шихтовые материалы преимущественно рассеивают на:

- инерционных самоцентрирующихся грохотах (производительностью по исходному продукту до 600 т/ч);
- плоскокачающихся четырех-коробковых грохотах (до 400 т/ч).

Для грохочения *агломерата* используют:

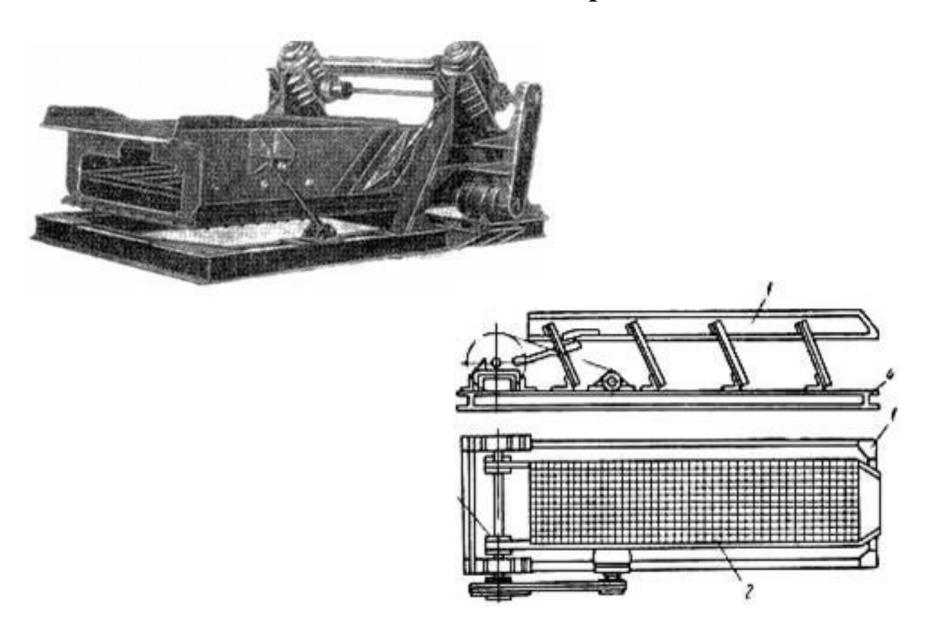
- стационарные колосниковые грохоты;
- самобалансные грохоты (опорные, подвесные и наклонные откатные).

<u>Самобалансные грохоты более эффективны в работе</u>, чем стационарные, так как их колосниковая решетка реже забивается кусочками агломерата.

Инерционный грохот



Плоскокачающийся грохот



Колосниковый грохот

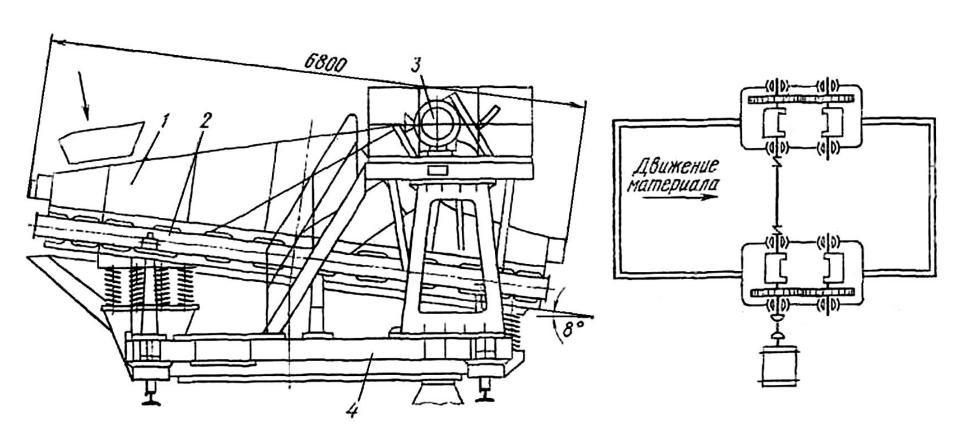


Самобалансный грохот



Самобалансный наклонный откатной грохот

Предназначен для отделения мелочи (размером менее 8 мм) горячего агломерата с размерами кусков 150 мм.



- 1 сварной корпус; 2- колосниковая решетка; 3 вибрационный привод;
- 4 опорная тележка

Грохота доменных цехов

<u>В доменных цехах применяют</u> грохота различных типов и конструкций, отличающиеся кинематикой движения, типом привода, конструкцией решеток и др.

Для отсева коксовой мелочи применяют:

- •электровибрационные;
- •механические вибрационные:
 - -гирационный (полувибрационный)
 - -простой вибрационный;
 - -самоцентрирующийся.

Эффективностью грохочения называется выраженное в процентах или в долях единицы отношение фактической отсеянной мелкой фракции к содержанию этой фракции в исходном материале.

Эффективность грохочения зависит от продолжительности рассева и производительности (нагрузки) грохота. На процесс грохочения материала влияет также форма и размер отверстий просеивающей поверхности, режим работы грохота, зерновой состав, влажность и плотность материала.

Производительность грохота по подрешеточному продукту можно определить по формуле:

$$\Pi_{\Pi P} = \frac{\gamma_{\kappa} - \beta_{\kappa}}{\gamma_{\kappa} (1 - \beta_{\kappa})} \Pi,$$

где Π — производительность питателя, подающего материал на грохот;

 γ_{κ} — содержание подрешеточного продукта в надрешеточном исходном материале (до грохочения);

 eta_{κ} — содержание подрешеточного продукта в надрешеточном конечном материале (после грохочения).

Расчет производительности грохотов с двумя и тремя ситами производят по наиболее загруженному ситу.

Производительность вибрационных грохотов определяется по формуле, т/ч:

$$\Pi = k_{\rm T} q_{\rm \Pi} B L \gamma \,,$$

$$\Pi = k_{\rm T} q_{\rm \Pi} B L \gamma \,,$$

где $k_{\rm T}$ — поправочный коэффициент на отсев;

 $q_{\rm п}$ – удельная производительность по питанию, м³ / (м² · ч);

B — расчетная ширина сита, м;

L — рабочая длина сита, м;

 γ – объемная масса материала, т/м³.

При этом используют выражения: $q = 6\sqrt{a}$ (при $a \ge 10$ мм); $B = 0.95B_0$

$$k_{\rm T} = \frac{100 - 9}{7.5}$$
,

где Э – эффективность грохочения, %;

а – размер ячеек (щели) сита, мм;

 $B_{\rm o}$ — рабочая ширина грохота, м.

Режим работы механических вибрационных грохотов характеризуется скоростью движения материала по ситу, м/с:

$$v_{\rm M} = \omega r \sin(\lambda + \delta) ,$$

где ω – угловая скорость колебаний короба, с⁻¹;

r – амплитуда колебаний (эксцентриситет вала вибратора), мм;

 λ – угол бросания, град.;

 δ – угол наклона просеивающей поверхности к горизонту, град.

По известной скорости движения материала по ситу грохота определяют производительность грохота, т/ч:

$$\Pi = 3600 \cdot Bh\gamma v_{\pi}/k_{\Pi}$$

где B — ширина грохота, м;

h – высота слоя материала, м;

 γ – объемная масса материала, т/м³;

 $\upsilon_{_{\rm I\! I}}$ – скорость движения материала по ситу грохота, м/с.

В зависимости от типа механического вибрационного грохота определяют необходимые величины, используя условия равенства центробежных сил от массы противовесов $m_{\rm II}$ и массы короба с материалом $m_{\rm K}$:

$$m_{\rm II}R\omega^2 = m_{\rm K}r\omega^2$$
,

или

$$m_{\rm II}R=m_{\rm K}r$$
,

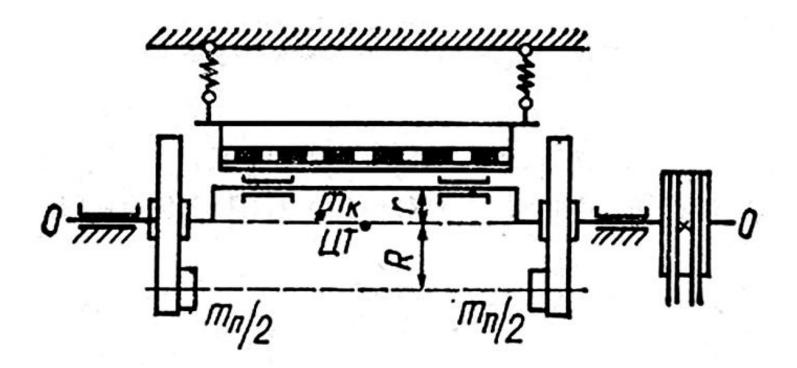
где R — смещение центра тяжести противовеса относительно оси вращения вала;

r — эксцентриситет вала;

 ω – угловая скорость вращения вала.

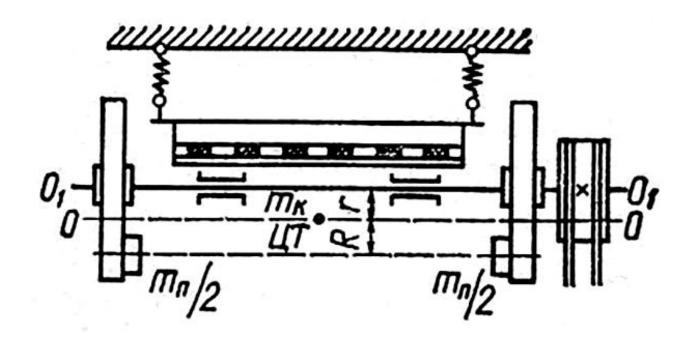
1. Для *полувибрационного* грохота массу противовеса с целью обеспечения расположения общего центра тяжести всей системы на оси O-O вала с эксцентриком радиусом r, вращающегося в опорных подшипниках

$$m_{\rm m}=m_{\rm K}\frac{r}{R}$$
.

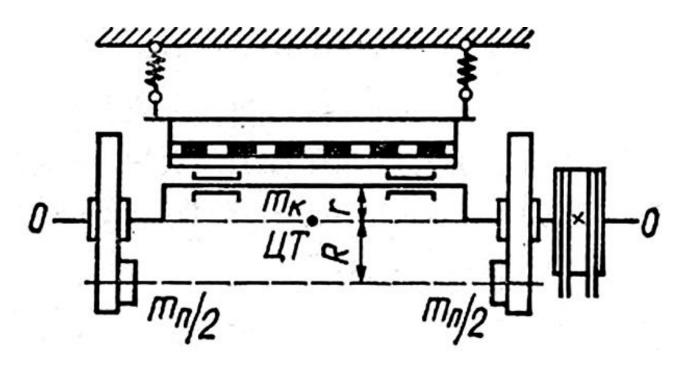


2.Для *простого вибрационного* грохота амплитуду колебаний r гладкого вала вокруг оси O-O

$$r=m_{\rm II}R/m_{\rm K}.$$



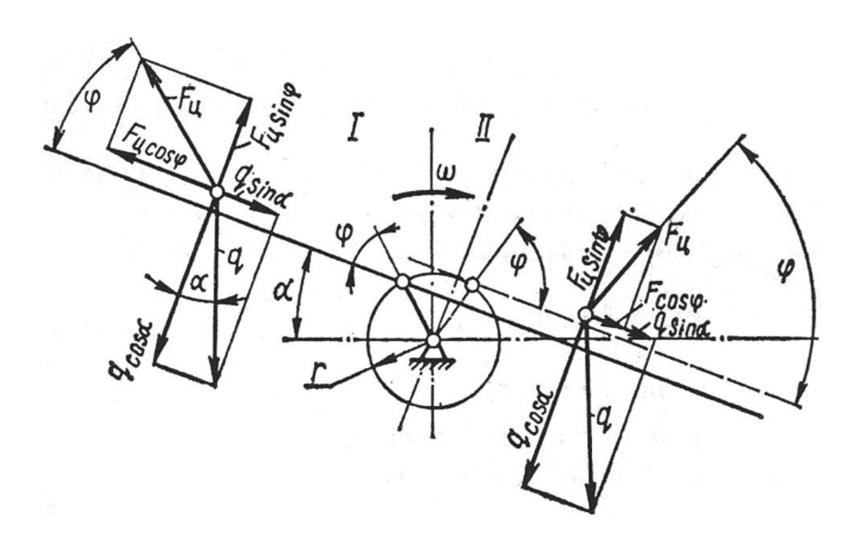
3.Для *самоцентрирующегося* грохота с целью обеспечения постоянства амплитуды колебаний (радиуса) r и эксцентрикового вала вокруг оси O-O должно соблюдаться равенство: $m_{\Pi}R = m_{\kappa}r$



Регулировка грохота (балансировка) производится путем изменения массы противовеса m_{Π} и положения его центра тяжести с тем, чтобы общий центр тяжести находился на оси O-O, вокруг которой вращается приводной вал.

Расчет оптимальной угловой скорости эксцентрикового вала

Рассмотрим силы, действующие на кусок материала, лежащий на сите грохота (область I).



<u>Для обеспечения отрыва</u> (подбрасывания) материала от сита нормальная составляющая $F_{\rm ц} \sin \varphi$ центробежной силы $F_{\rm ц} = m_{\rm r} \omega^2 r$ должна быть больше составляющей веса частицы q, равной $q \cos \alpha$, тогда

$$m_{\rm r}\omega^2 r \sin \varphi > q \cos \alpha$$
,

где $m_r = q/g$ – масса частицы;

 ω – угловая скорость вращения вала вибратора, c^{-1} ;

r — эксцентриситет вала вибратора (амплитуда колебаний), м;

 φ — угол между направлением центробежной силы и плоскостью сита;

 α — угол наклона короба к горизонту;

g – ускорение свободного падения, M/c^2 .

Минимальная угловая скорость вала вибратора, при превышении которой происходит подбрасывание материала над ситом, будет при $\varphi = 90^{\circ}$

$$\omega_{\rm m} = \sqrt{\cos \alpha/r}$$
,

где r — амплитуда колебаний, м.

При $\omega > \omega_{\Pi}$ подбрасывание начинается при угле $\varphi_1 < 90^\circ$, определяемом как

$$\sin \varphi_1 = q \cos \alpha / \omega^2 r.$$

При этом <u>начальная скорость</u> подбрасывания нормальная к поверхности грохота

$$v_0 = v \cos \varphi_1 = \omega r \cos \varphi_1$$

а время полета частицы со скоростью v_o под углом (90 $^{\circ}$ – α) к горизонту

$$t_{\rm o} = 2v_{\rm o}\cos\alpha/q$$
.

Время, за которое <u>вал вибратора совершит один оборот</u> $t_{ob} = 2\pi/\omega$, выбирать меньше t_{o} не целесообразно, поскольку увеличение скорости приводит к перерасходу энергии.

Приравняв $t_{ob} = t_o$ и выполнив подстановку и преобразования, определяют критическую, т. е. необходимую <u>наибольшую угловую скорость</u> вала вибратора, c^{-1} :

$$\omega_{\rm KP} = \sqrt{\pi g/r \cos \alpha}$$
.

Максимальное значение угловой скорости вибратора, при котором возможно <u>движение материала вниз</u> по грохоту, определяется из условия (область II)

$$F_{\text{II}}\cos\varphi > f_1(q\cos\alpha - F_{\text{II}}\sin\varphi) - q\sin\alpha$$
,

где f_1 – коэффициент трения материала по ситу.

После подстановки $F_{\rm II} = m_{\rm T} \omega^2 r$ и преобразований, получим

$$\omega_{\min} > \sqrt{\frac{q(f_1 \cos \alpha - \sin \alpha)}{mr(\cos \varphi + f_1 \sin \varphi)}}$$
.

Максимальное значение знаменателя определяют из условия

$$\frac{d}{d\varphi}(\cos\varphi + f_1\sin\varphi) = -\sin\varphi + f_1\cos\varphi = 0.$$

При этом $tg \varphi = f_1$ и $\varphi = \rho$, где ρ - угол трения.

Тогда после подстановок и преобразований получим выражение для <u>наи-</u> меньшей угловой скорости вала вибратора

$$\omega_{\min} = \sqrt{\frac{\sin(\rho - \alpha)}{r}}g.$$

Максимальная угловая скорость вибратора, при которой исключается возможность движения материала вверх по ситу определится из условия:

$$F_{\text{II}}\cos\varphi < f_1(g\cdot\cos\alpha - F_{\text{II}}\sin\varphi) + q\sin\alpha$$

откуда

$$\omega_{\text{max}} = \sqrt{\frac{\sin(\rho + \alpha)}{r}g}$$
.

Заметим!

- 1) $\omega_{\rm max} < \omega_{\rm kp}$, так как всегда $\sin(\rho + \alpha) < 1/\cos\alpha$.
- 2) Равенство ω_{\min} и ω_{Π} может быть только при условии $\sin(\rho-\alpha)=\cos\alpha$, но при $\rho=90^{\circ}f_1=\infty$, что нереально. Поэтому $\omega_{\Pi}<\omega_{\min}$.

3) Сравнивая ω_{Π} И ω_{Max} видим, что они могут быть равны при условии $\sin(\rho+\alpha)=\cos\alpha$ или при $\rho+2\alpha=90^\circ$, поскольку все углы острые. Но $\alpha<\rho$, так как материал не должен перемещаться по неподвижному ситу грохота. Если $\rho+2\alpha>90^\circ$, то $\sin(\rho+\alpha)>\cos\alpha$ и $\omega_{\text{Max}}>\omega_{\text{II}}$, т. е. возможна работа грохота с подбрасыванием без перемещения материала вверх. Если $\rho+2\alpha>90^\circ$, то $\omega_{\text{Max}}<\omega_{\text{II}}$ и движение материала вверх начинается при меньшей частоте вращения, что необходимо для подбрасывания.

$$\omega_{\rm p} = 4\sqrt{\sin(\rho - \alpha)/r}$$
,

где r — в метрах.

2. Питатели и дозаторы, назначение и конструкции

<u>Для равномерной выдачи</u> сыпучих материалов из бункеров на конвейеры или <u>подачи</u> непосредственно в технологические машины (например в дробилку, грохоты) применяют:

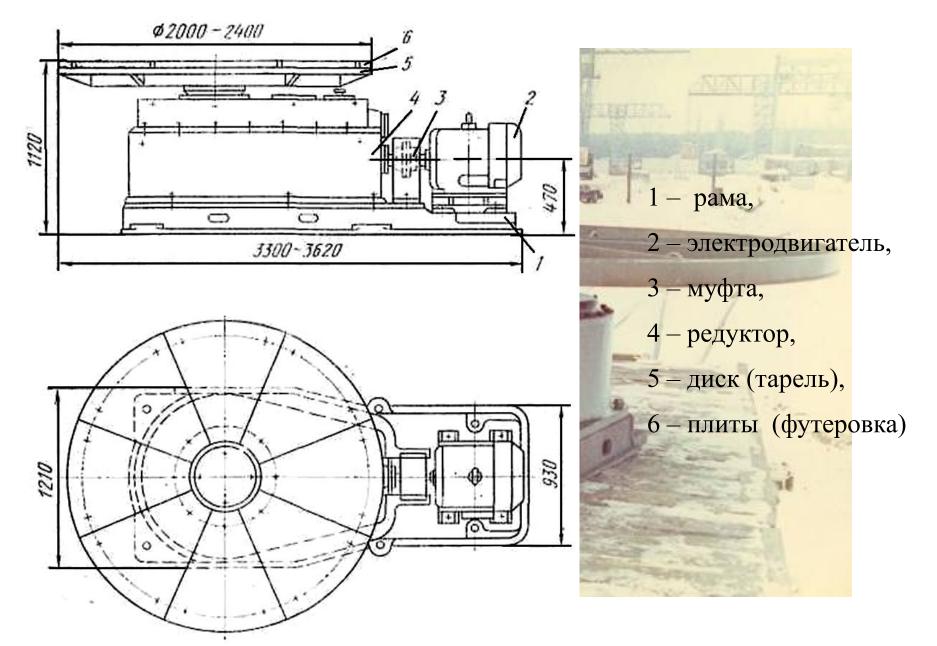
- питатели;
- дозаторы.

Дозаторы в отличие от питателей имеют взвешивающее устройство.

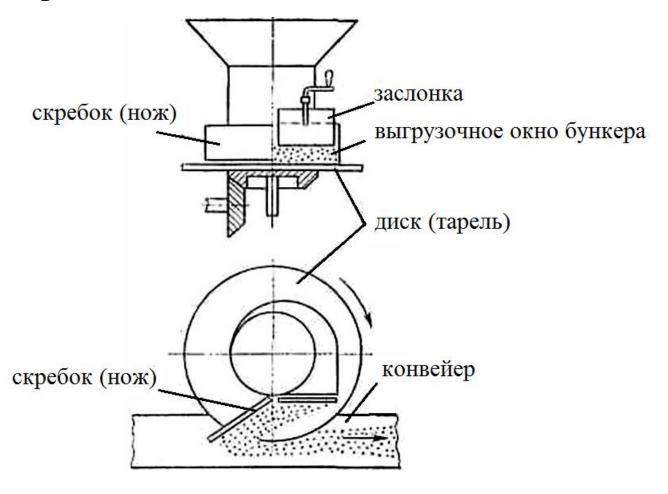
По конструкции и принципу действия <u>питатели и дозаторы различают</u> <u>на</u>:

- дисковые;
- барабанный
- ленточные;
- пластинчатые;
- качающиеся;
- лотковые;
- электровибрационные.

Дисковый (тарельчатый) питатель

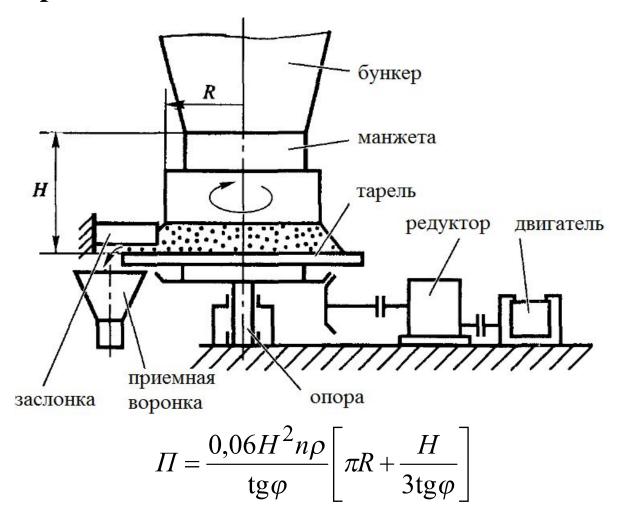


Принцип действия дискового питателя



<u>Дисковые питатели часто используют в качестве дозаторов.</u> Однако дозирование по объему *не обеспечивает* требуемого постоянства состава шихты, так как на производительность питателя влияют также крупность компонентов шихты, их влажность, уровень заполнения бункера и другие факторы.

Производительность дискового питателя



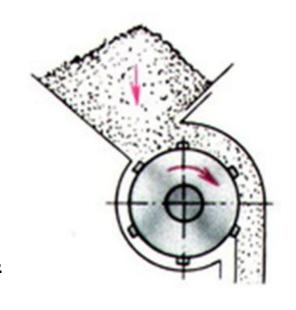
n – частота вращения, мин $^{-1}$;

 ρ – насыпная масса т/м³;

 φ — угол естественного откоса материала.

Барабанный питатель





Производительность

 $\Pi = 1800BhD\omega\rho\psi$

B — рабочая ширина барабана, м;

h — высота разгрузочной щели, м;

D – рабочий диаметр барабана, м;

 ω – угловая скорость барабана, с⁻¹;

O – насыпная масса т/м³;

 $_{W}$ – коэффициент заполнения полотна ленты материалом (0,7).

Питатель ленточный



Транспортирование мелких и средних сыпучих, сухих и влажных материалов. Устанавливают горизонтально или с уклоном 10° в сторону подачи.

В горизонтальной части устанавливают заслонку для регулирования производительности

Питатель пластичатый



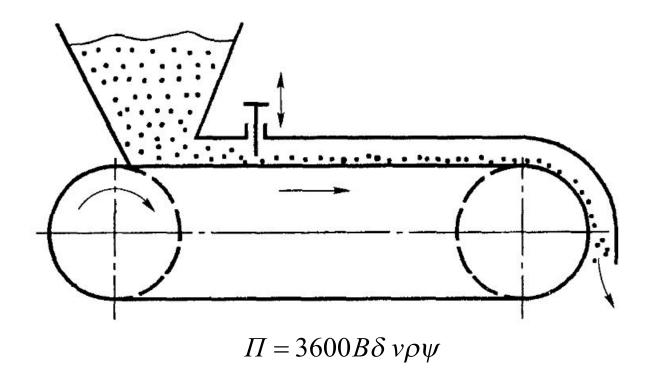
Можно устанавливать под бункером в качестве затвора.

Уклон до 35° в сторону подачи.

Легкого типа — транспортируют куски шихты, руды, агломерата до 400 мм и 500 °C

Тяжелого типа – руда до 1250 мм

Производительность ленточного (пластинчатого) питателя



B — ширина ленты, м;

 δ – толщина слоя материала, м;

v – скорость ленты (0,05...0,4), м/с;

 ρ – насыпная масса т/м³;

 ψ – коэффициент заполнения полотна ленты материалом (0,7...0,8).

Питатель качающийся



Питатель вибрационный



Питатель лотковый



3. Барабанные смесители и окомкователи шихты

Перемешивание и окомкование компонентов агломерационной шихты осуществляют в агрегатах барабанного типа.

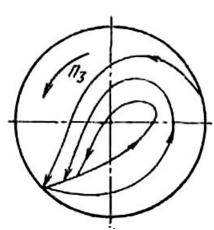
По конструкции привода агрегатов барабанного типа, различают два вида:

- на роликовых опорах с бандажами и зубчатым венцом;
- на роликовых опорах (одна сторона приводная) бандажированных резиной.

Вторая конструкция является более эффективной, поскольку снижаются динамические нагрузки и шум.

В барабанных смесителях-окомкователях различают три режима движения шихтовых материалов:

- переката;
- водопадный;
- циклический



<u>Режим переката</u> возникает при окружной скорости на внутренней поверхности барабана 0,5–1,2 м/с.

Режим переката является основным при получении *окомкованной шихты и окатышей*.

Различие:

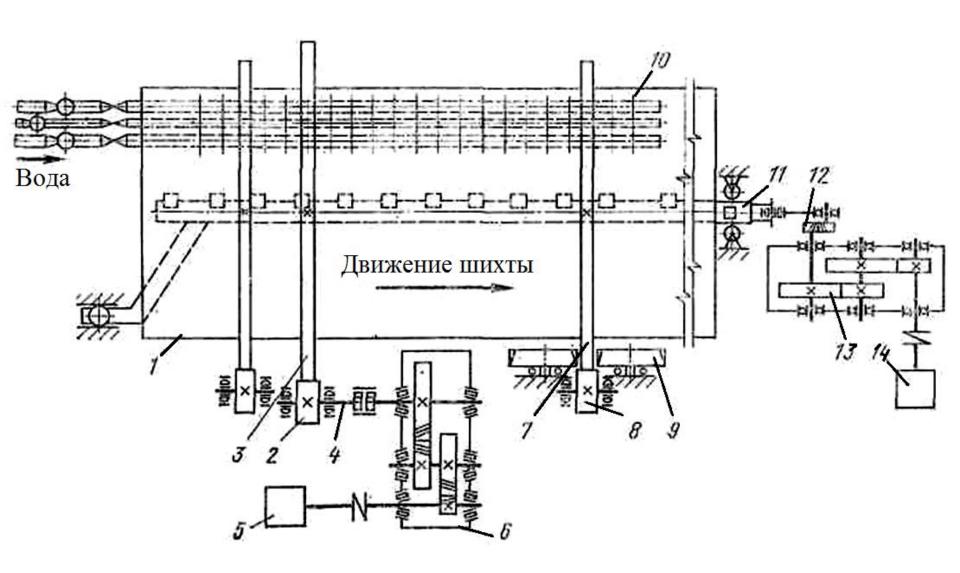
- •окомкователи агломашины заполняются материалом на 8–12 % площади поперечного сечения барабана при угле наклона продольной оси 2,5–4°
- •окатыши образуются при заполнении 3 % и угла наклона оси барабана 8–9°.

Водопадный режим – при окружной скорости барабана 1,2–2 м/с.

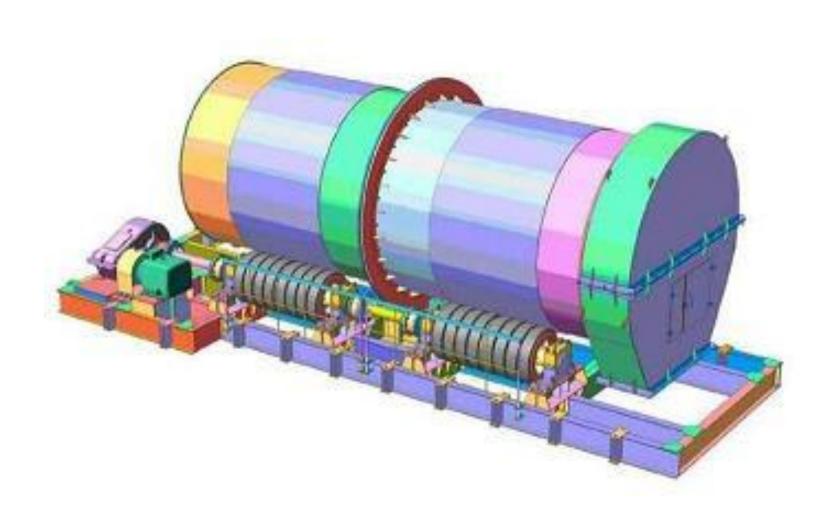
Обеспечивается более интенсивное пересечение траекторий движения отдельных частиц материалов и большая эффективность их перемешивания.

Оптимальное перемешивание в гладком барабане происходит при установке его оси под углом 1,5-2,5 ° к горизонту и степени заполнения его поперечного сечения 12-18 %.

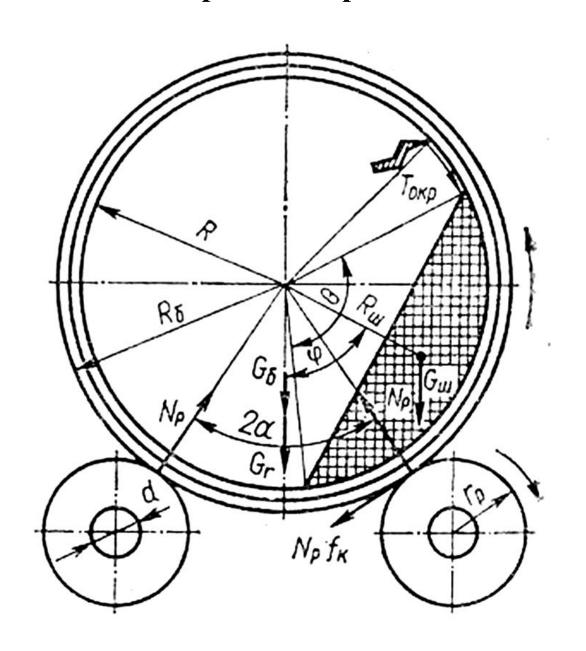
<u>Барабанный смеситель аглошихты</u> на роликовых опорах с бандажами и зубчатым венцом



<u>Барабанный смеситель аглошихты</u> на роликовых опорах бандажированных резиной



Расчет мощности привода барабанного смесителя



Нагрузка на опорные ролики складывается из веса барабана G_6 , веса шихты в барабане G_{111} и веса гарнисажа G_5 . Вес шихты G_{111} определяют по формуле

$$G_{\text{III}} = \sum_{i=1}^{n} G_{i} \tag{3.1}$$

или при известной степени заполнения барабана по формуле

$$G_{\rm T} \frac{\pi D^2}{4} L \gamma g \varphi , \qquad (3.2)$$

где L — длина барабана, м;

 φ – степень заполнения барабана, %.

Нагрузка на один ролик составляет

$$N_{\rm p} = \frac{G_{\rm \delta} + G_{\rm III} + G_{\rm r}}{z \cdot \cos \alpha} \tag{3.3}$$

где z — число опорных роликов;

 α – центральный угол между роликами.

Угол α обычно принимают равным $30-35^\circ$. С увеличением угла повышается величина реакции $N_{\rm p}$, а с уменьшением α — снижается устойчивость барабана на роликах. Если влияние наклона оси барабана к горизонту на распределение нагрузок по роликам, а также сопротивление от трения в подшипниках упорных роликов незначительные, то при расчете ими пренебрегают.

Определение моментов, на преодоление которых расходуется мощность электродвигателя.

1. Момент от сил трения в подшипниках роликов, приведенный к оси барабана, кН·м:

$$M_1 = N_p f_{\pi p} r_{\pi} \frac{R_6}{r_p} z$$
, (3.4)

где f_{np} – приведенный коэффициент трения подшипников качения

где $r_{\text{п}}$ – радиус цапфы;

 R_{δ} – радиус бандажа;

 $r_{\rm p}$ — радиус опорного ролика;

 $f_{\rm K}$ — коэффициент трения качения шарика по обойме, м;

 $d_{\rm o}$ – диаметр беговой дорожки (внутренней обоймы) подшипника;

 r_{Π} — радиус шарика (ролика) подшипника;

 $k_{\rm II}$ — коэффициент 1,4 или 1,6 соответственно для шарикового или роликового подшипника.

2. Момент от сил трения бандажей по роликам, приведенный к оси барабана, кН·м:

$$M_2 = N_{\rm p} k \frac{R_{\rm 6}}{r_{\rm p}} z \tag{3.5}$$

где k — коэффициент трения качения ролика по бандажу, м.

3. Момент от веса шихты во вращающемся барабане.

Принимают, что шихта представляет собой одно неподвижное тело, имеющее в сечении форму, сегмента наклоненного вертикали на угол φ . Угол φ определяется углом внутреннего трения материала, характеризуемым углом естественного откоса, и в значительной степени зависит от скорости вращения барабана.

Обычно угол φ при нахождении в барабане железорудной шихты принимают равным 45°, к $\mathbf{H} \cdot \mathbf{m}$:

$$M_3 = G_{III} R_{III} \sin \varphi , \qquad (3.6)$$

где $R_{\,{
m III}}\,$ – расстояние от оси барабана до центра тяжести кругового сегмента шихты

$$R_{\rm III} = \frac{4}{3} \cdot \frac{R \sin \frac{\theta}{2}}{\theta - \sin \theta}$$

4. Момент от сил, возникающих при срезании гарнисажа резцами очистного устройства, кН·м:

$$M_4 = T_{\text{okp}} \left(R_{\delta} - s_{\Gamma} \right) z_{P}, \qquad (3.7)$$

где T_{OKP} — окружная составляющая силы резания на одном резце (кH)

$$T_{\text{okp}} = p s_{c} b_{c}$$

p — удельное сопротивление резанию, к Π а;

 $s_{\rm c}$ — толщина среза одним резцом;

 $b_{\rm c}$ – ширина среза одним резцом;

 s_{Γ} — толщина слоя гарнисажа;

 $z_{\rm p}$ — число резцов в очистном устройстве.

Общий момент, преодолеваемый электродвигателем, кН · м:

$$M = M_1 + M_2 + M_3 + M_4. (3.8)$$

Мощность электродвигателя привода, работающего в длительном режиме, кВт:

$$P = M \,\omega_{6} / \eta \,, \tag{3.9}$$

где $\omega_{\rm б}$ – угловая скорость барабана, с⁻¹;

 η — общий к. п. д. привода.