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).

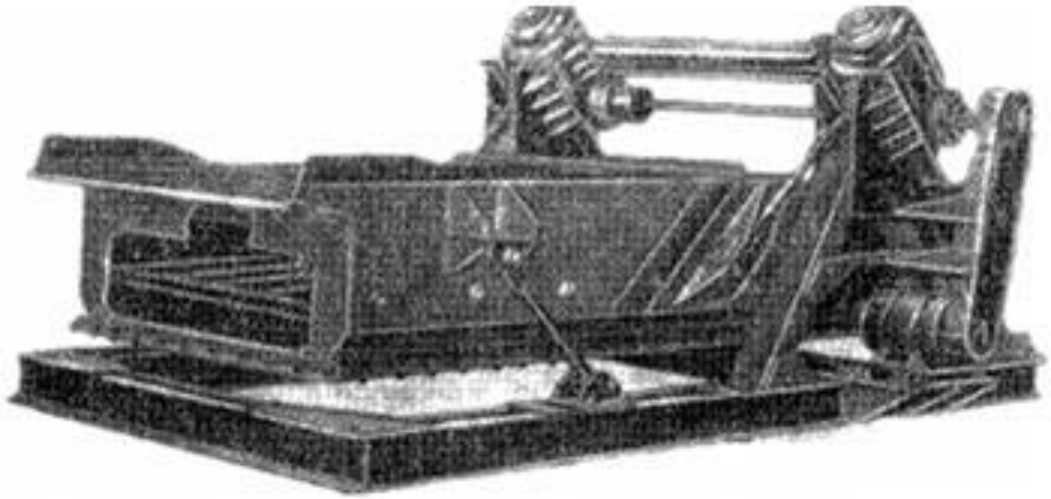
Для грохочения ***агломерата*** используют:

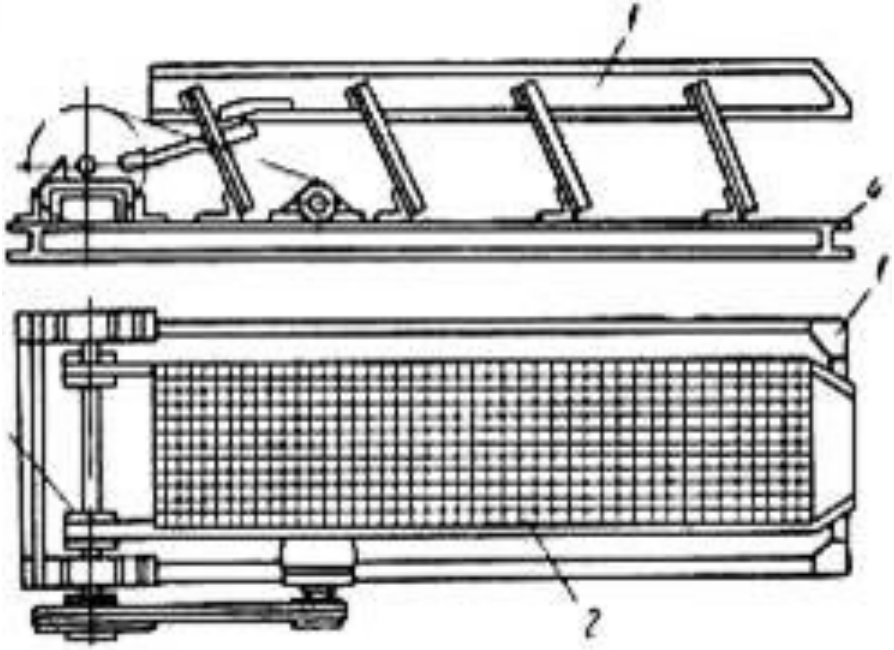
- *стационарные колосниковые* грохоты;
- *самобалансные* грохоты (опорные, подвесные и наклонные откатные).

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

Инерционный грохот

Плоскокачающийся грохот



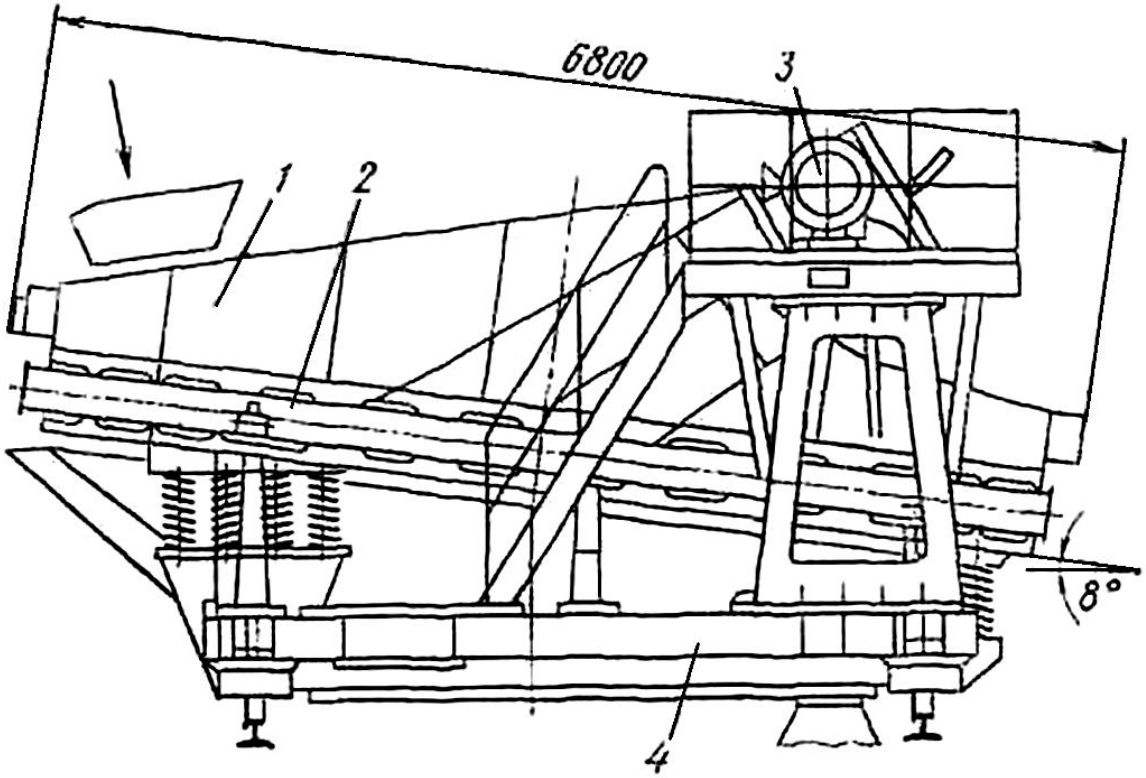


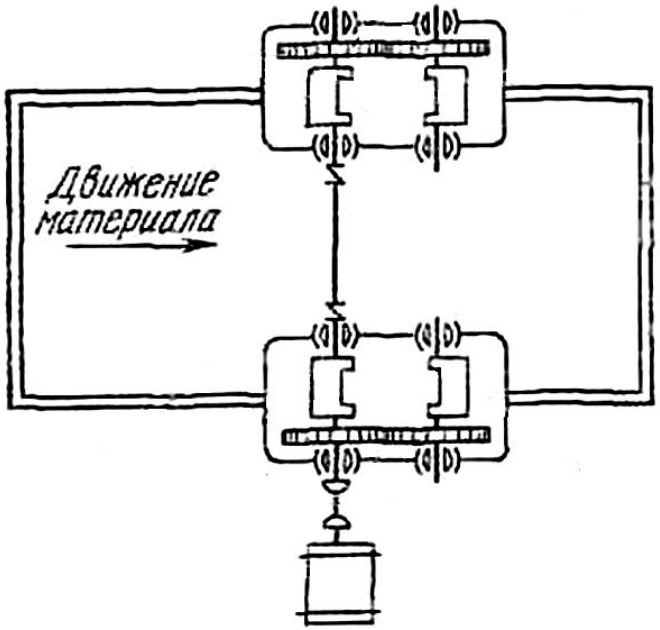
Колосниковый грохот

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

В доменных цехах применяют 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.

<u>Производительность грохота</u> по подрешеточному продукту можно определить по формуле:

$$П_{ПР} = \frac{\gamma_к - \beta_к}{\gamma_к(1 - \beta_к)} П ,$$

где $П$ – производительность питателя, подающего материал на грохот;

$\gamma_к$ – содержание подрешеточного продукта в надрешеточном исходном материале (до грохочения);

$\beta_к$ – содержание подрешеточного продукта в надрешеточном конечном материале (после грохочения).

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

<u>Производительность вибрационных грохотов</u> определяется по формуле, т/ч:

$$П = k_т q_п BL\gamma ,$$

$$П = k_т q_п B L \gamma ,$$

где $k_т$ – поправочный коэффициент на отсев;

$q_п$ – удельная производительность по питанию, $м^3 / \left(м^2 \cdot ч\right)$;

B – расчетная ширина сита, м;

L – рабочая длина сита, м;

γ – объемная масса материала, $т/м^3$.

При этом используют выражения: $q = 6\sqrt{a}$ (при $a \geq 10$ мм); $B = 0{,}95 B_о$

$$k_т = \frac{100 - Э}{7{,}5} ,$$

где $Э$ – эффективность грохочения, %;

a – размер ячеек (щели) сита, мм;

$B_о$ – рабочая ширина грохота, м.

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

$$\upsilon_{д} = \omega r \sin\left(\lambda + \delta\right) ,$$

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:

$$П = 3600 \cdot Bh\gamma\upsilon_{д} / k_{п}$$

где B – ширина грохота, м;

h – высота слоя материала, м;

γ – объемная масса материала, $т/м^3$;

$\upsilon_{д}$ – 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 $m_п$ и массы короба с материалом $m_к$:

$$m_п R\omega^2 = m_к r\omega^2,$$

или

$$m_п R = m_к r,$$

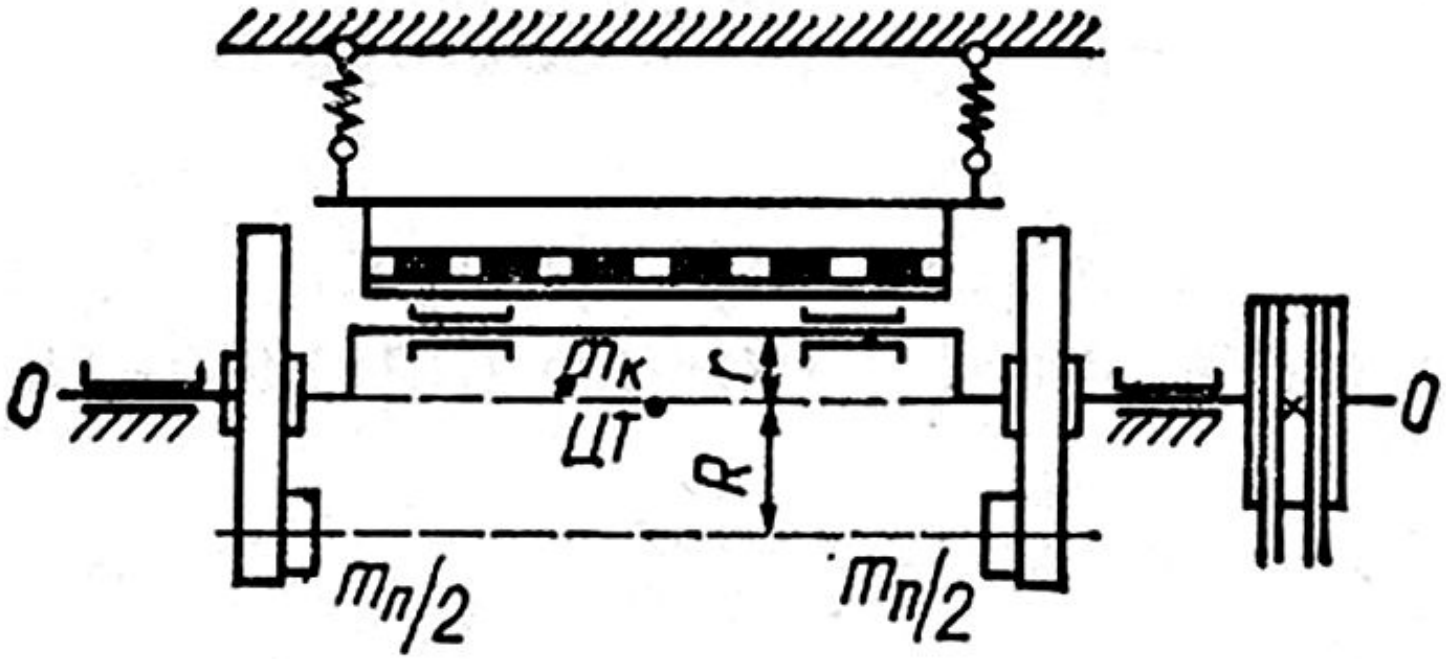
где R – смещение центра тяжести противовеса относительно оси вращения вала;

r – эксцентриситет вала;

ω – угловая скорость вращения вала.

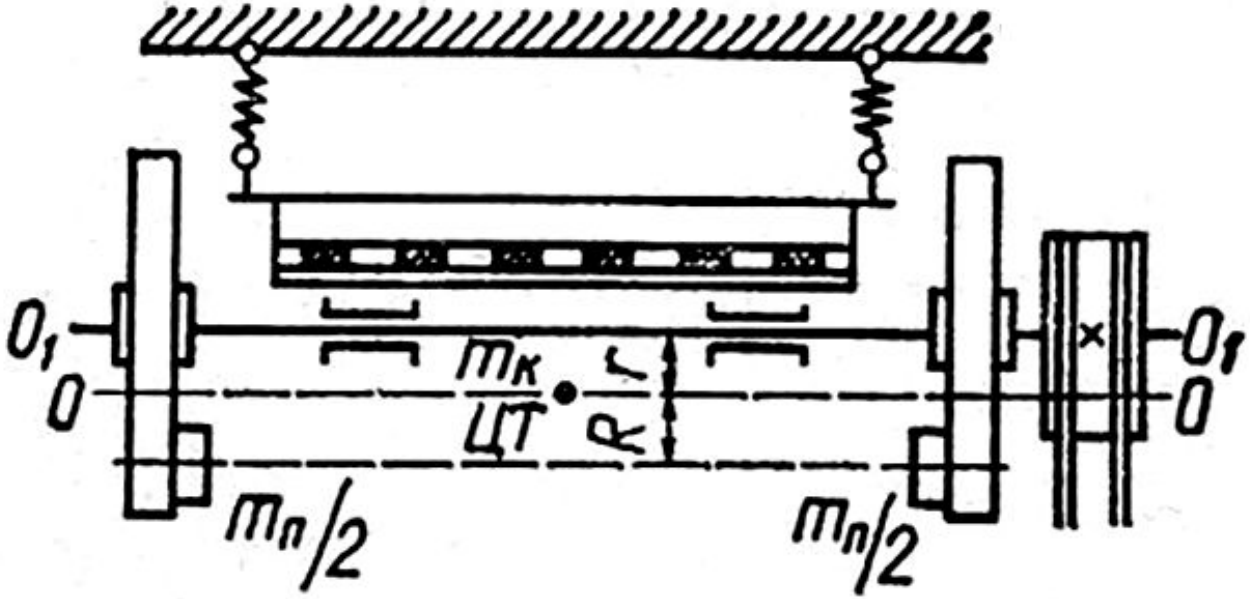
1. Для ***полувибрационного*** грохота массу противовеса с целью обеспечения расположения общего центра тяжести всей системы на оси $O-O$ вала с эксцентриком радиусом r, вращающегося в опорных подшипниках

$$m_{\text{п}} = m_{\text{к}} \frac{r}{R}.$$

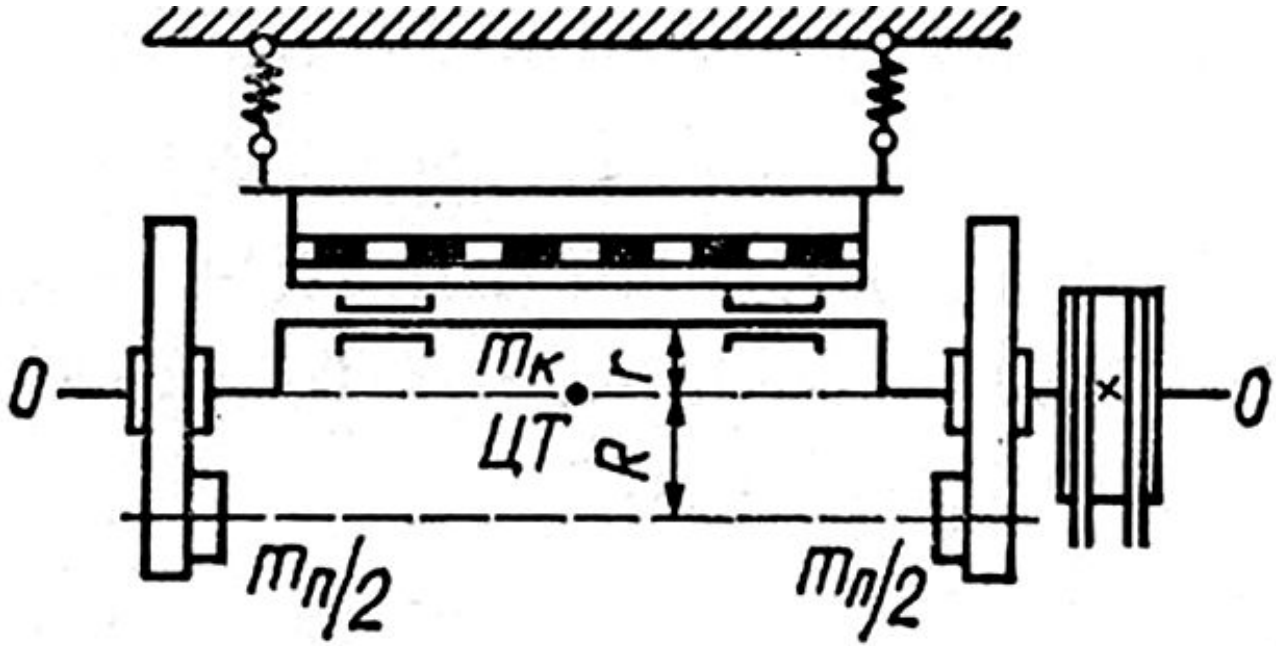


2.Для ***простого вибрационного*** грохота амплитуду колебаний r гладкого вала вокруг оси $O-O$

$$r = m_{\text{п}} R / m_{\text{к}} \ .$$



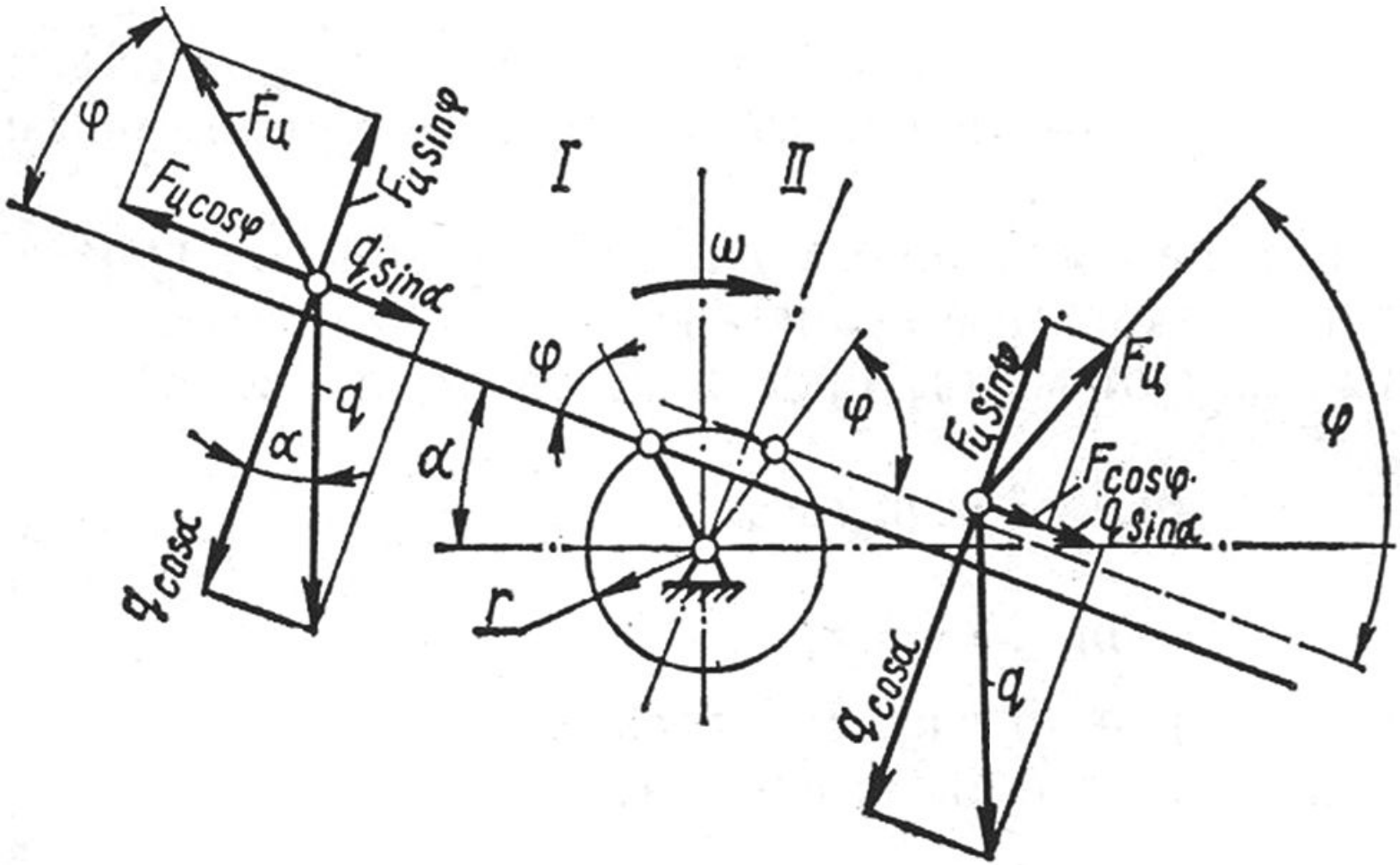
3.Для ***самоцентрирующегося*** грохота с целью обеспечения постоянства амплитуды колебаний (радиуса) r и эксцентрикового вала вокруг оси $O-O$ должно соблюдаться равенство: $m_{\text{п}}R = m_{\text{к}}r$



Регулировка грохота (балансировка) производится путем изменения массы противовеса $m_{\text{п}}$ 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 $F_{ц}\sin\varphi$ центробежной силы $F_{ц} = m_{г}\omega^2 r$ должна быть больше составляющей веса частицы q, равной $q\cos\alpha$, тогда

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

где $m_{г} = q/g$ – масса частицы;

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

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, $м/с^2$.

<u>Минимальная угловая скорость</u> вала вибратора, при превышении которой происходит подбрасывание материала над ситом, будет при $\varphi = 90°$

$$\omega_{\text{п}} = \sqrt{\cos\alpha / r}\,,$$

где r – амплитуда колебаний, м.

При $\omega > \omega_{\text{п}}$ **<u>подбрасывание начинается</u>** при угле $\varphi_1 < 90°$, определяемом как

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

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

$$\upsilon_{\text{о}} = \upsilon\cos\varphi_1 = \omega r\cos\varphi_1,$$

а *<u>время полета частицы</u>* со скоростью υ_o под углом $(90^{\circ} - \alpha)$ к горизонту

$$t_{\text{о}} = 2\upsilon_{\text{о}}\cos\alpha / q\,.$$

Время, за которое *вал вибратора совершит один оборот* $t_{об} = 2\pi/\omega$, выбирать меньше $t_о$ не целесообразно, поскольку увеличение скорости приводит к перерасходу энергии.

Приравняв $t_{об} = t_о$ и выполнив подстановку и преобразования, определяют критическую, т. е. необходимую **наибольшую угловую скорость** вала вибратора, $с^{-1}$:

$$\omega_{кр} = \sqrt{\pi g / r \cos\alpha}\,.$$

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

$$F_ц \cos\varphi > f_1 \left(q \cos\alpha - F_ц \sin\varphi \right) - q \sin\alpha\,,$$

где f_1 – коэффициент трения материала по ситу.

После подстановки $F_{ц} = m_{г}\omega^2 r$ и преобразований, получим

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

<u>*Максимальное значение знаменателя*</u> определяют из условия

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

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

Тогда после подстановок и преобразований получим выражение для **<u>наименьшей угловой скорости</u>** вала вибратора

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

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

$$F_{\text{ц}} \cos\varphi < f_1 \left(g \cdot \cos\alpha - F_{\text{ц}} \sin\varphi \right) + q \sin\alpha ,$$

откуда

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

<u>Заметим!</u>

1) $\omega_{\max} < \omega_{\text{кр}}$, так как всегда $\sin\left(\rho + \alpha\right) < 1/\cos\alpha$.

2) Равенство $\omega_{\min}$ и $\omega_{\text{п}}$ может быть только при условии $\sin\left(\rho - \alpha\right) = \cos\alpha$, но при $\rho = 90°$ $f_1 = \infty$, что нереально. Поэтому $\omega_{\text{п}} < \omega_{\min}$.

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

<u>Угловую скорость вала вибратора</u> выбирают между $\omega_{\text{мах}}$ и $\omega_{\min}$. При расчетах пользуются формулой:

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

где r – в метрах.

2. Питатели и дозаторы, назначение и конструкции

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

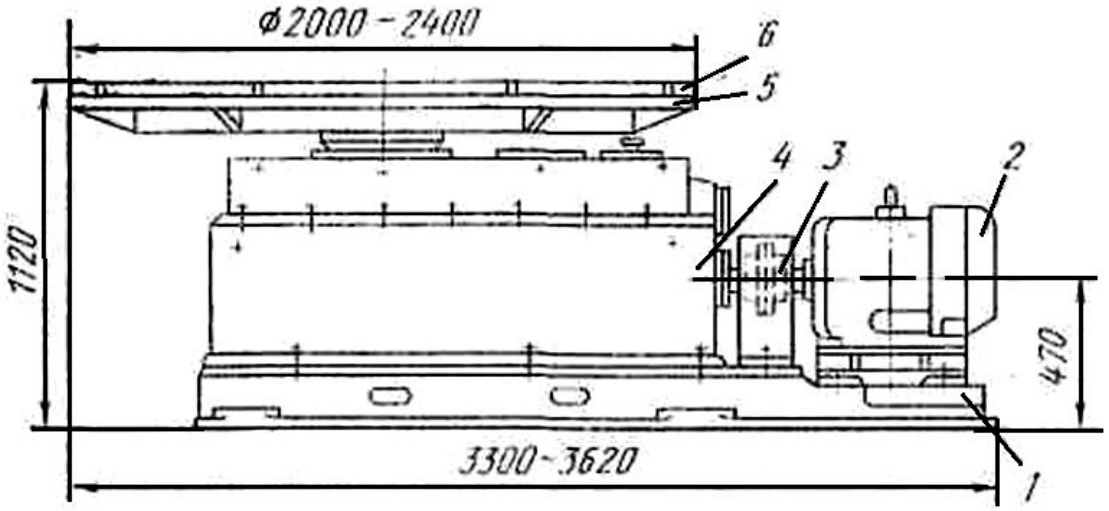
- питатели;
- дозаторы.

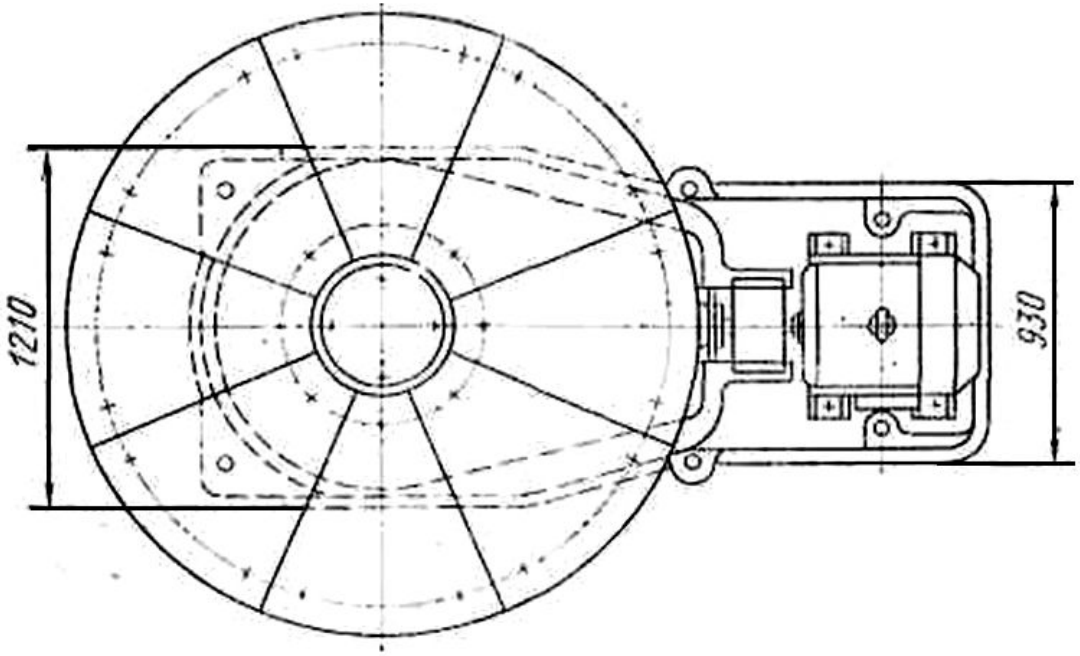
Дозаторы в отличие от питателей имеют взвешивающее устройство.

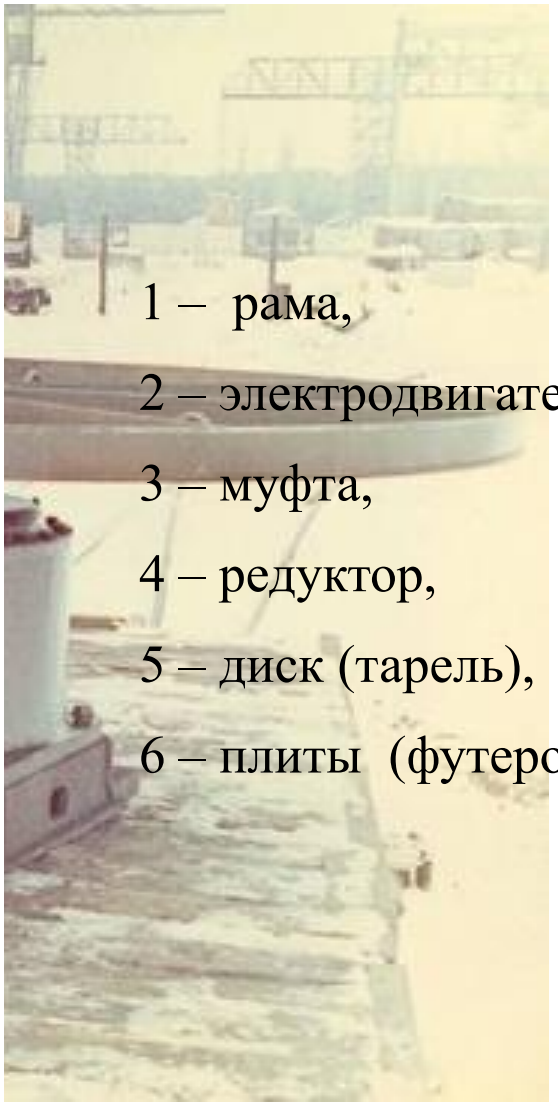
По конструкции и принципу действия ***питатели и дозаторы различают на***:

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

Дисковый (тарельчатый) питатель







1 – рама,

2 – электродвигатель,

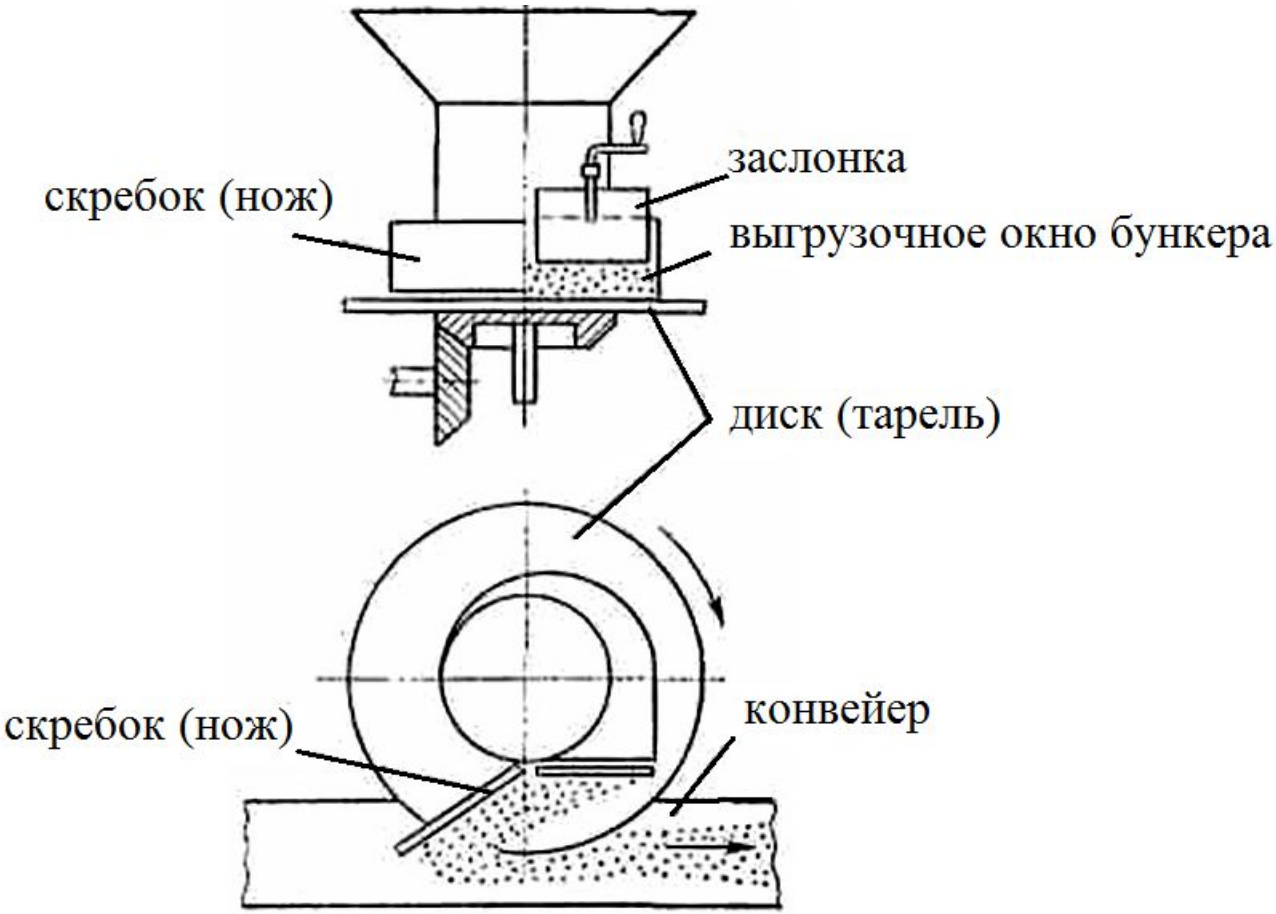
3 – муфта,

4 – редуктор,

5 – диск (тарель),

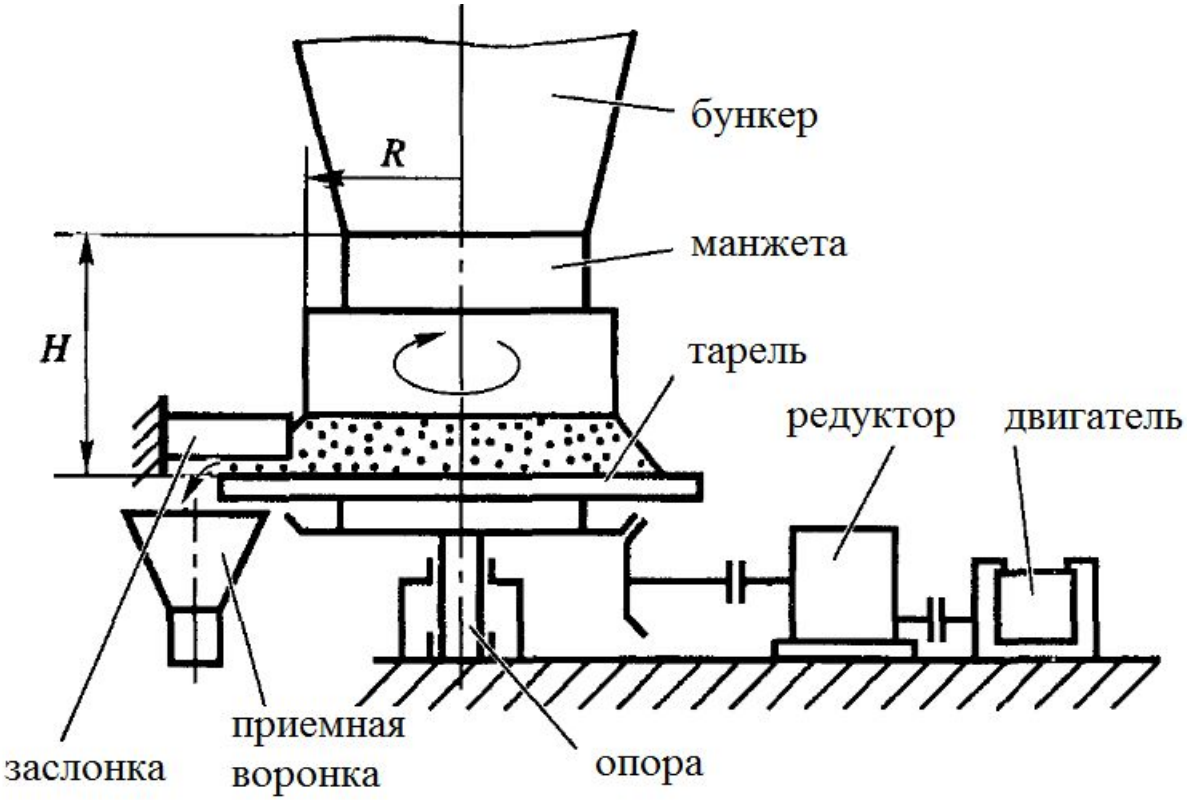
6 – плиты (футеровка)

Принцип действия дискового питателя



Дисковые питатели часто используют в качестве дозаторов. 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



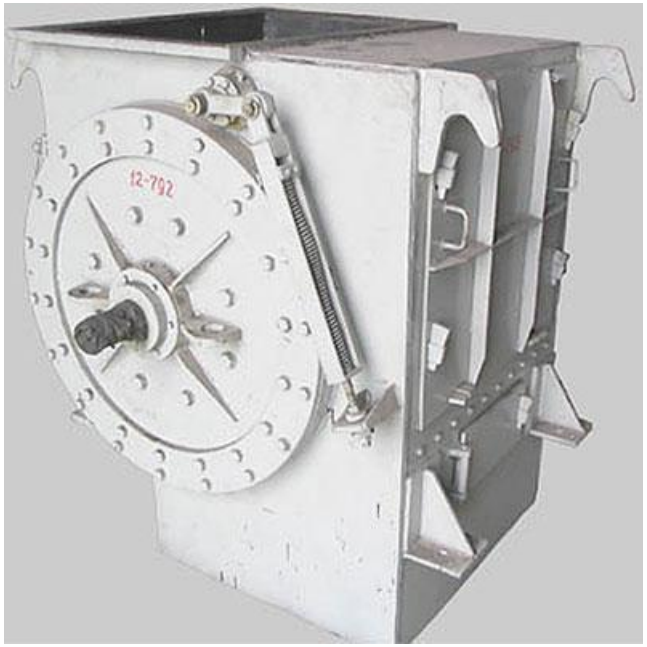
$$П = \frac{0{,}06H^2 n\rho}{\mathrm{tg}\varphi}\left[\pi R + \frac{H}{3\mathrm{tg}\varphi}\right]$$

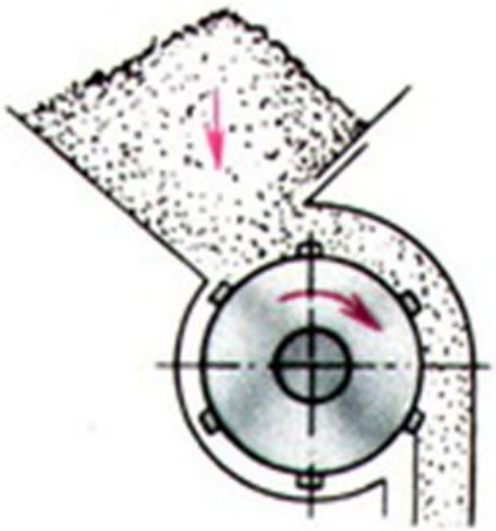
n – частота вращения, мин$^{-1}$;

ρ – насыпная масса т/м^3;

φ – угол естественного откоса материала.

Барабанный питатель





Производительность

$$П = 1800 BhD\,\omega\rho\psi$$

B – рабочая ширина барабана, м;

h – высота разгрузочной щели, м;

D – рабочий диаметр барабана, м;

ω – угловая скорость барабана, $с^{-1}$;

ρ – насыпная масса $т/м^3$;

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

Питатель ленточный

Транспортирование мелких и средних сыпучих, сухих и влажных материалов.

Устанавливают горизонтально или с уклоном 10º в сторону подачи.

В горизонтальной части устанавливают заслонку для регулирования производительности

Питатель пластичатый

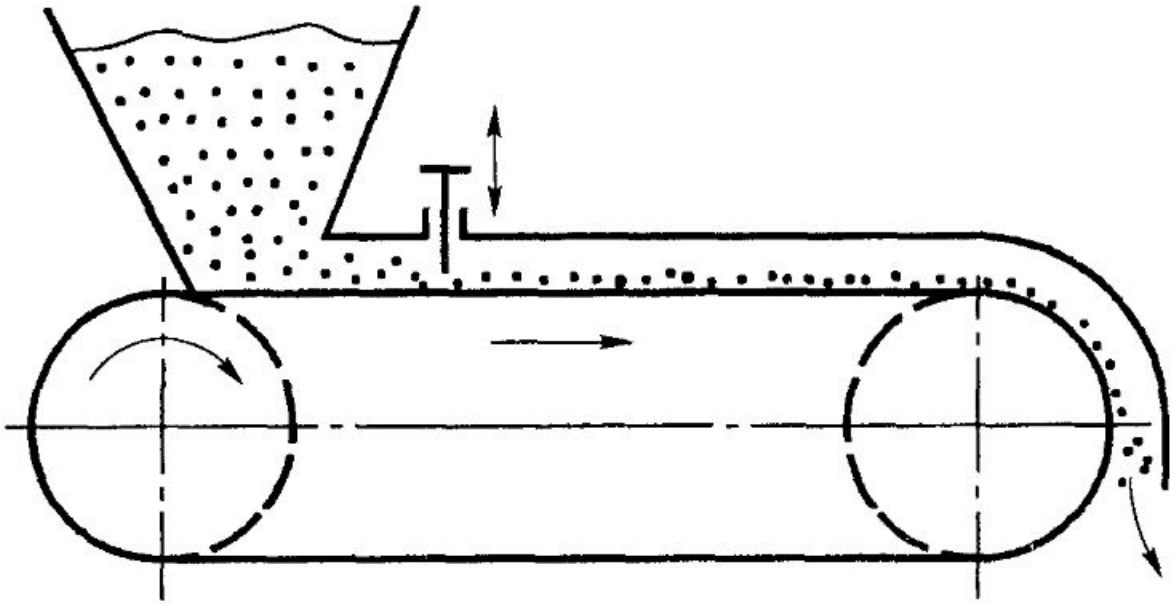
Можно устанавливать под бункером в качестве затвора.

Уклон до 35º в сторону подачи.

Легкого типа – транспортируют куски шихты, руды, агломерата до 400 мм и 500 ºС

Тяжелого типа – руда до 1250 мм

Производительность ленточного (пластинчатого) питателя



$$П = 3600 B \delta \, v \rho \psi$$

B – ширина ленты, м;

δ – толщина слоя материала, м;

v – скорость ленты (0,05…0,4), м/с;

ρ – насыпная масса т/м^3;

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

Питатель качающийся

Питатель лотковый

Питатель вибрационный

3. Барабанные смесители и окомкователи шихты

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

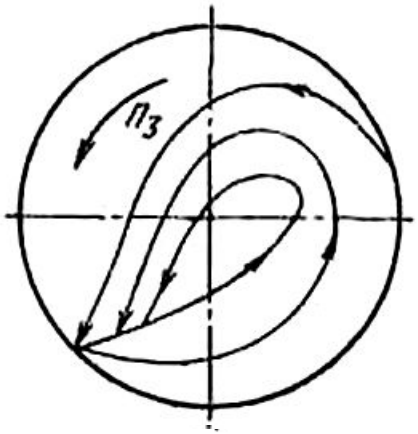
По конструкции привода агрегатов барабанного типа, различают два вида:

- 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



Режим переката 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°.

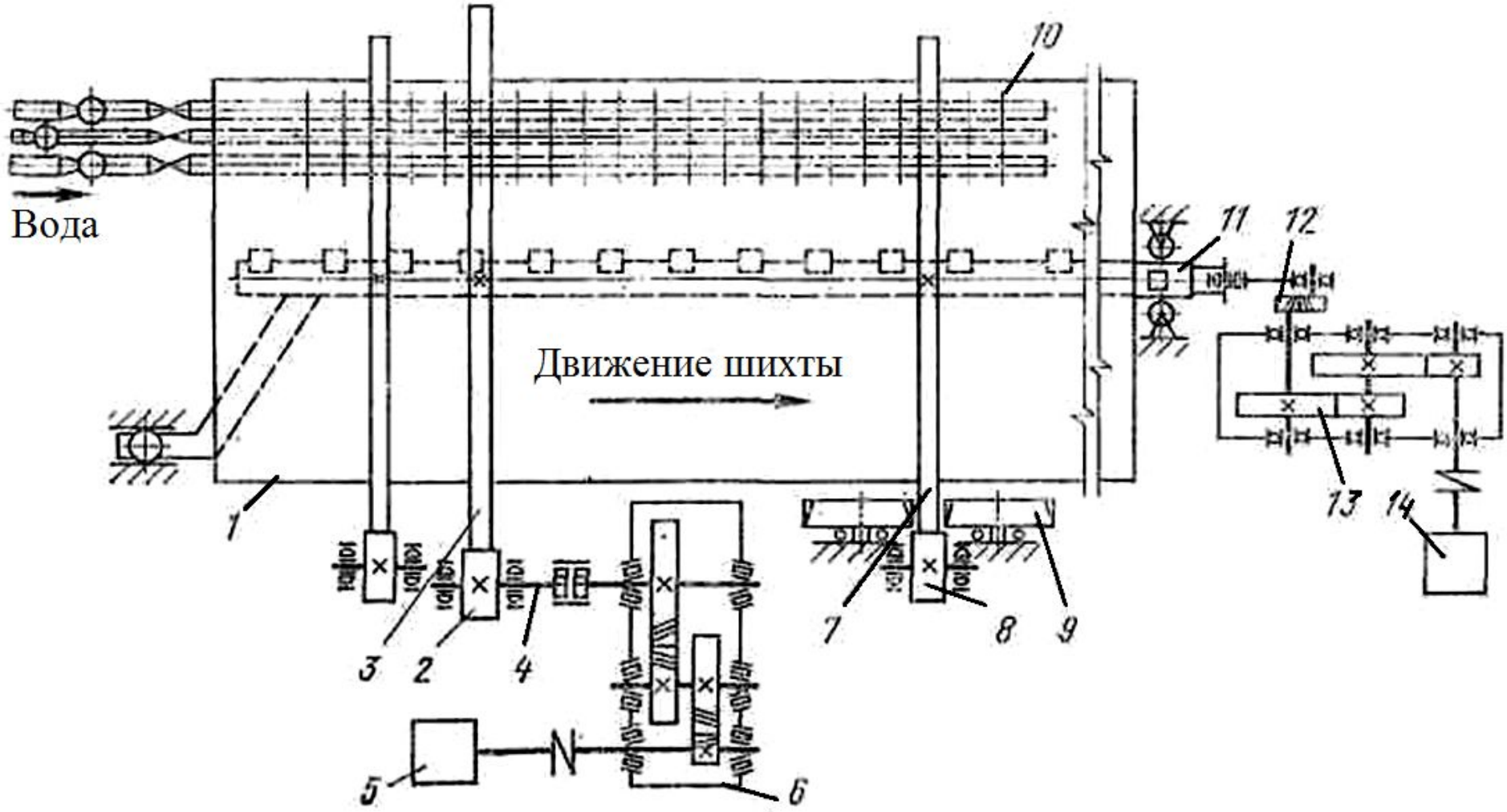
Водопадный режим – при окружной скорости барабана 1,2–2 м/с.

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

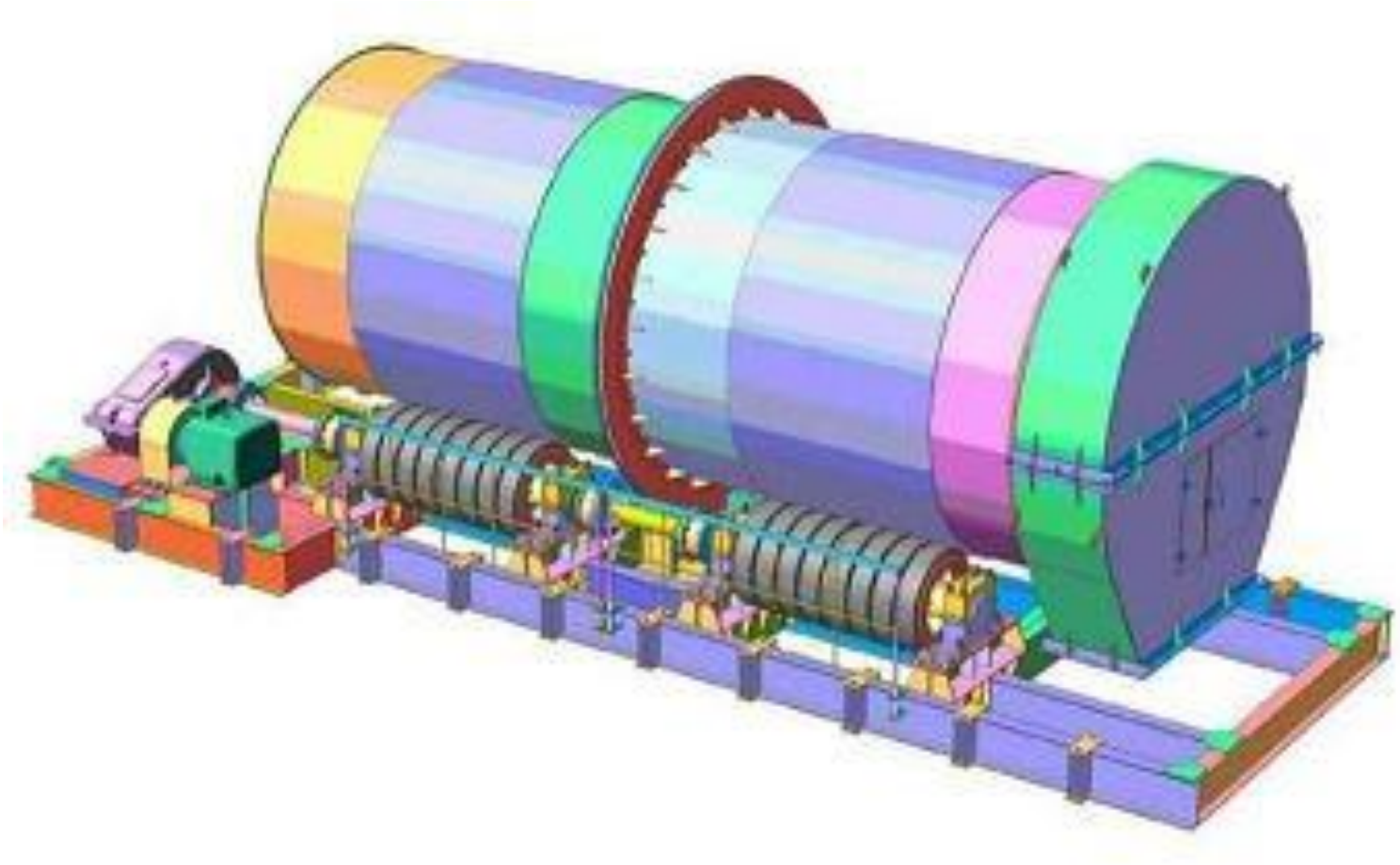
Оптимальное перемешивание в гладком барабане происходит при установке его оси под углом 1,5–2,5 ° к горизонту и степени заполнения его поперечного сечения 12–18 %.

Циклический режим возникает при достаточно большой окружной скорости барабана, при которой траектории отдельных слоев материала превращаются в замкнутые и пересыпания не происходит.

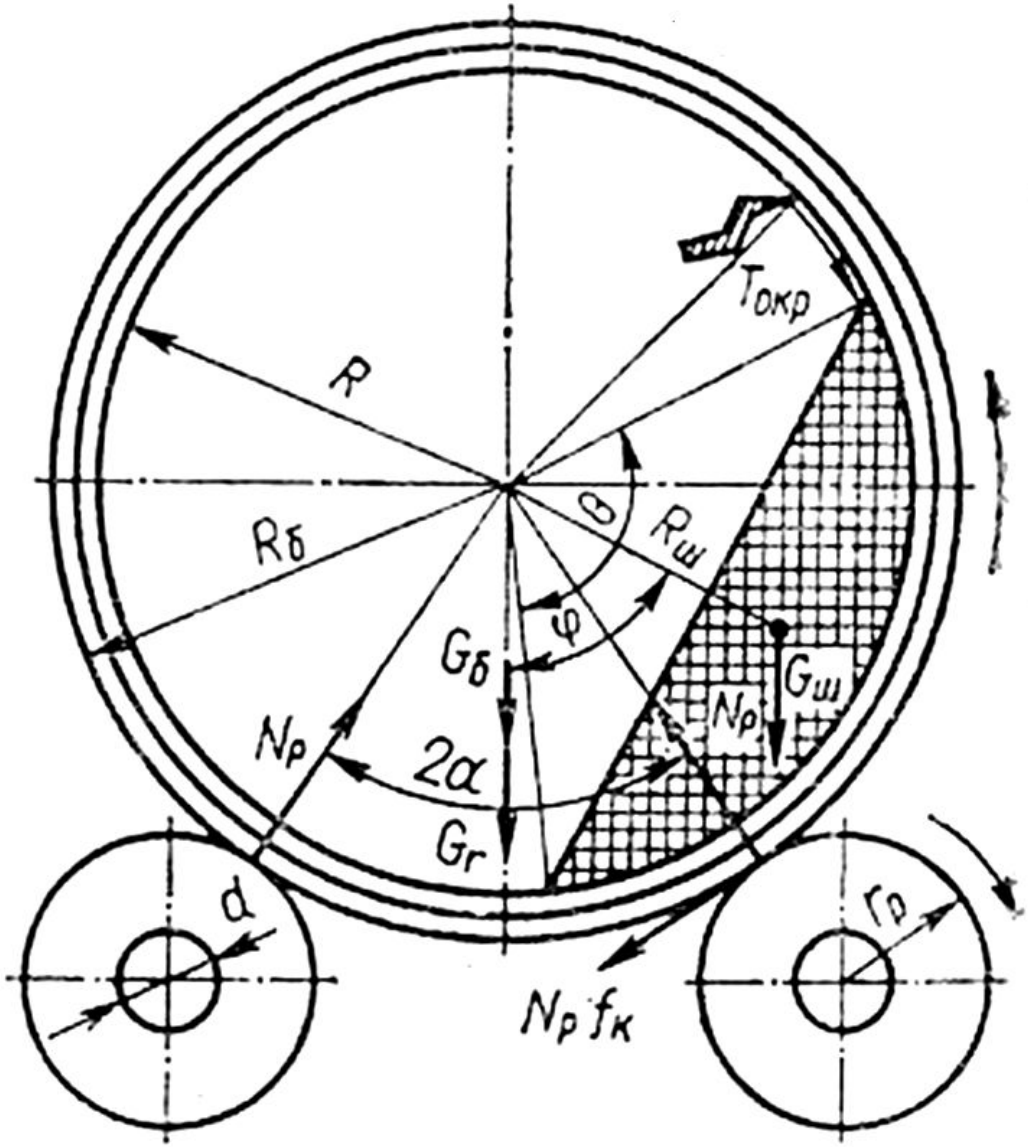
Барабанный смеситель аглошихты на роликовых опорах с бандажами и зубчатым венцом



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



Расчет мощности привода барабанного смесителя



Нагрузка на опорные ролики складывается из веса барабана $G_б$, веса шихты в барабане $G_ш$ и веса гарнисажа $G_г$. Вес шихты $G_ш$ определяют по формуле

$$G_ш = \sum_{i=1}^{n} G_i \tag{3.1}$$

или при известной степени заполнения барабана по формуле

$$G_т \frac{\pi D^2}{4} L \gamma g \varphi \ , \tag{3.2}$$

где L – длина барабана, м;

φ – степень заполнения барабана, %.

Нагрузка на один ролик составляет

$$N_р = \frac{G_б + G_ш + G_г}{z \cdot \cos\alpha} \tag{3.3}$$

где z – число опорных роликов;

α – центральный угол между роликами.

Угол α обычно принимают равным 30 – 35°. С увеличением угла повышается величина реакции $N_р$, 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.

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

$$M_1 = N_р f_{пр} r_ц \frac{R_б}{r_Р} z, \qquad (3.4)$$

где $f_{пр}$ – приведенный коэффициент трения подшипников качения

где $r_ц$ – радиус цапфы;

$R_б$ – радиус бандажа;

$r_р$ – радиус опорного ролика;

$f_к$ – коэффициент трения качения шарика по обойме, м;

$d_о$ – диаметр беговой дорожки (внутренней обоймы) подшипника;

$r_п$ – радиус шарика (ролика) подшипника;

$k_п$ – коэффициент 1,4 или 1,6 соответственно для шарикового или роликового подшипника.

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

$$M_2 = N_р k \frac{R_б}{r_р} z \qquad (3.5)$$

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

<u>3. Момент от веса шихты</u> 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°, кН · м :

$$M_3 = G_ш R_ш \sin\varphi , \qquad (3.6)$$

где $R_ш$ – расстояние от оси барабана до центра тяжести кругового сегмента шихты

$$R_ш = \frac{4}{3} \cdot \frac{R \sin\frac{\theta}{2}}{\theta - \sin\theta}$$

4.**<u>Момент от сил, возникающих при срезании гарнисажа</u>** резцами очистного устройства, кН · м:

$$M_4 = T_{\text{окр}} \left(R_{\text{б}} - s_{\text{г}} \right) z_{\text{Р}}, \tag{3.7}$$

где $T_{\text{окр}}$ – окружная составляющая силы резания на одном резце (кН)

$$T_{\text{окр}} = p s_{\text{с}} b_{\text{с}}$$

p – удельное сопротивление резанию, кПа;

$s_{\text{с}}$ – толщина среза одним резцом;

$b_{\text{с}}$ – ширина среза одним резцом;

$s_{\text{г}}$ – толщина слоя гарнисажа;

$z_{\text{р}}$ – число резцов в очистном устройстве.

<u>Общий момент</u>, преодолеваемый электродвигателем, кН · м:

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

<u>Мощность электродвигателя</u> привода, работающего в длительном режиме, кВт:

$$P = M\,\omega_б / \eta , \qquad (3.9)$$

где $\omega_б$ – угловая скорость барабана, $с^{-1}$;

η – общий к. п. д. привода.