



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

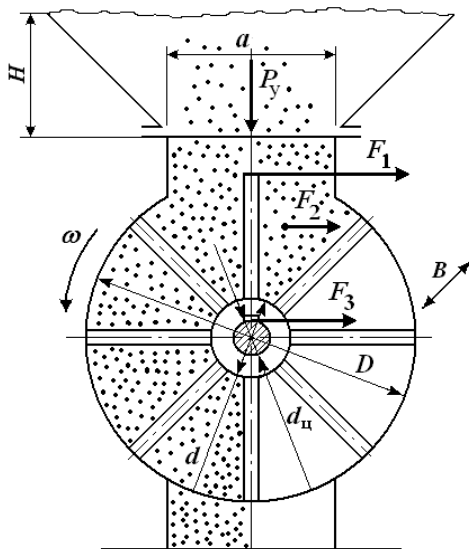
Белорусский национальный
технический университет

Кафедра «Горные машины»

П. В. Цыбуленко
Н. И. Березовский

МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ
И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ

*Методическое пособие
по практическим занятиям*



Минск
БНТУ
2013

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Горные машины»

П. В. Цыбуленко
Н. И. Березовский

МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ
И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ

*Методическое пособие по практическим занятиям
для студентов специальностей
1-36 10 01 «Горные машины и оборудование»
и 1-36 13 01 «Технология и оборудование
торфяного производства»*

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
высших учебных заведений Республики Беларусь по образованию
в области горнодобывающей промышленности*

Минск
БНТУ
2013

УДК 622.73(076.5)
ББК 34.7я73
Ц93

Рецензенты:

А. А. Кологривко, В. В. Борисейко

Цыбуленко, П. В.

Ц93 Машины и оборудование обогатительных и перерабатывающих производств : методическое пособие по практическим занятиям для студентов специальностей 1-36 10 01 «Горные машины и оборудование» и 1-36 13 01 «Технология и оборудование торфяного производства / П.В. Цыбуленко, Н.И. Березовский. – Минск : БНТУ, 2013. – 35 с.

ISBN 978-985-550-307-2.

Изложена методика расчета оборудования и машин обогащения и переработки горных пород на примерах решения конкретных задач. Приведены примеры расчетов машин и оборудования общего назначения, затворов, питателей и дозаторов сыпучих материалов горных пород.

Учебно-методическое пособие предназначено для практического усвоения теоретического материала по дисциплинам «Машины и оборудование обогатительных и перерабатывающих производств» и «Машины и оборудование переработки торфа».

УДК 622.73(076.5)
ББК 34.7я73

ISBN 978-985-550-307-2

© Цыбуленко П.В.,
Березовский Н.И., 2013
© Белорусский национальный
технический университет, 2013

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. РАСЧЕТ ПИРАМИДАЛЬНОГО БУНКЕРА.....	4
2. РАСЧЕТ ШИБЕРНОГО ЗАТВОРА БУНКЕРА.....	11
3. РАСЧЕТ ПЛАСТИНЧАТОГО ПИТАТЕЛЯ.....	15
4. РАСЧЕТ ШЛЮЗОВОГО ПИТАТЕЛЯ.....	18
5. РАСЧЕТ ДИСКОВОГО ДОЗАТОРА.....	22
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	25

ВВЕДЕНИЕ

Основная цель пособия: помочь студентам усвоить основные принципы расчета и проектирования перерабатывающих машин и оборудования, навыки решения инженерных задач.

Обогащение полезных ископаемых представляет собой совокупность операций по первичной переработке руды, угля, торфа и других ископаемых с целью удаления пустой породы, воды, разделения минералов, что приводит к повышению качественных характеристик обогащаемых материалов. Для этого на обогатительно-перерабатывающих производствах применяется комплекс машин и оборудования:

- машины и оборудование общего назначения (бункеры, бункерные установки, затворы бункеров, питатели, вагоноопрокидыватели);

- машины и оборудование подготовительных процессов (грохоты, дозаторы, смесители, классификаторы и др.);

- машины для дробления и измельчения горных пород (щелковые, конусные, молотковые, валковые дробилки, мельницы);

- машины и оборудование для уплотнения горных пород (прессы, грануляторы, формователи);

- машины для обезвоживания сыпучих материалов (центрифуги, гидроциклоны, сгустители, фильтры, сушилки);

- машины по хранению и упаковке готовой продукции.

1. РАСЧЕТ ПИРАМИДАЛЬНОГО БУНКЕРА

Исходные данные:

- форма бункера – пирамидальный, равносторонний;
- производительность бункера Q , т/ч;
- насыпная плотность материала ρ_n , кг/м³;
- угол естественного откоса материала φ , град;
- максимальный размер куска материала в смеси D_{\max} , м;
- время сработки полного объема бункера t , ч.

Расчет выполняется по зависимостям, изложенным в литературе [1], [2].

На рис. 1.1 представлена схема бункера с указанием размеров: a – сторона выпускного отверстия; b – сторона верхней кромки бункера; H – высота бункера; H_1 – высота стенки бункера; α – угол наклона бункера.

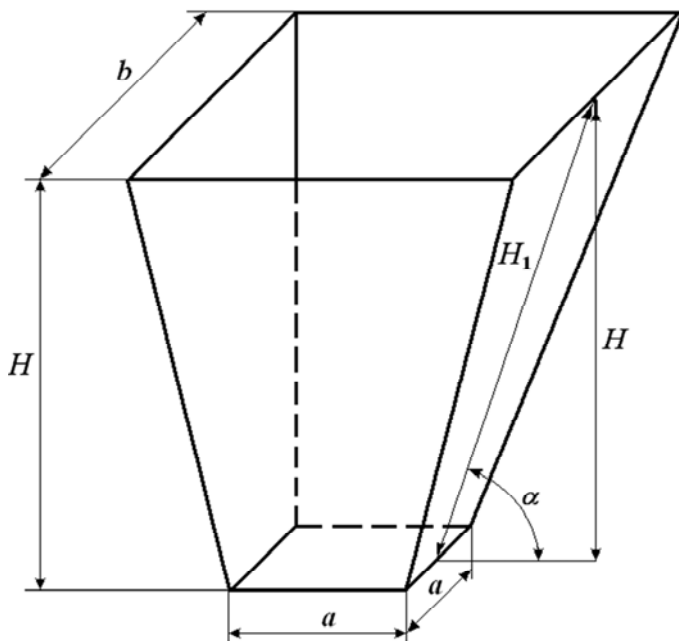


Рисунок 1.1 – Схема пирамидального бункера

1.1. Определим объемную производительность бункера:

$$Q_V = \frac{Q}{\rho_H}, \quad \text{м}^3/\text{ч}. \quad (1.1)$$

1.2. Необходимый объем бункера с учетом запаса сыпучего материала на время t :

$$V = Q_V \cdot t, \quad \text{м}^3. \quad (1.2)$$

1.3. Размер стороны выпускного отверстия бункера:

$$a = 2,4 (0,01 D_{\max} + 0,08) \text{tg}\varphi, \quad \text{м}. \quad (1.3)$$

1.4. Примем размер стороны b (стороны верхней кромки бункера) по зависимости

$$b = (8 \div 12) a, \quad \text{м}. \quad (1.4)$$

1.5. Определим высоту бункера

$$H = \frac{6V}{(2b + a)b + (2a + b)a}, \quad \text{м}. \quad (1.5)$$

1.6. Угол наклона стенки бункера

$$\alpha = \text{arctg} \frac{2H}{b - a}, \quad \text{град}. \quad (1.6)$$

1.7. Для самотечной разгрузки бункера необходимо соблюдение условия

$$\alpha > \varphi. \quad (1.7)$$

Если условие не соблюдается, принимается меньшее значение стороны бункера b .

1.8. Высота стенки бункера

$$H_1 = \frac{H}{\sin \alpha}, \text{ м.} \quad (1.8)$$

1.9. Определим гидравлический радиус выпускного отверстия бункера

$$R = \frac{S}{\Pi}, \text{ м,} \quad (1.9)$$

где S – площадь выпускного отверстия бункера, м^2 ;
 Π – периметр, м.

1.10. Скорость истечения материала из выпускного отверстия бункера

$$\vartheta = 5,65 \mu \sqrt{R}, \text{ м/с,} \quad (1.10)$$

где μ – коэффициент истечения материала (0,6...0,7 – для хорошо сыпучих материалов; 0,4...0,5 – для материалов, склонных к слипанию).

1.11. Производительность по истечению материала через выпускное отверстие бункера

$$Q_{\text{ист}} = \vartheta \cdot S, \text{ м}^3/\text{с, или } Q = 3600\vartheta \cdot S, \text{ м}^3/\text{ч.} \quad (1.11)$$

1.12. Для обеспечения требуемой производительности бункера необходимо соблюдать условие

$$Q_{\text{ист}} > Q. \quad (1.12)$$

1.13. Вертикальное давление от массы материала, действующее на нижнюю кромку бункера (рис. 1.2):

$$P_y = \rho_n g H K_3, \text{ Па,} \quad (1.13)$$

где K_3 – коэффициент зависания материала (0,7...0,9);
 g – ускорение силы тяжести, м/с^2 .

Затем в выбранном масштабе определим длины векторов вертикального и горизонтального давлений:

$$\bar{P}_y = P_y / \mu_p, \text{ мм, и } \bar{P}_x = P_x / \mu_p, \quad (1.16)$$

где $\mu_p = P/l$, Па/мм, – масштабный коэффициент,
 l – выбранная длина вектора, мм.

Отложим их из точки A на вертикальную и горизонтальную плоскость. Проведем из точки A нормаль (n) к наклонной стенке. Отложим на нормаль векторы \bar{P}_y и \bar{P}_x . Получим точки E и K . Из точки E проведем линию, параллельную \bar{P}_x , а из точки K – линию, параллельную \bar{P}_y . Пересечение этих линий дает точку N . Соединив точку N с точкой A , получим вектор полного давления \bar{P}_n , действующего на наклонную стенку в точке A . По правилу параллелограмма разложим его на вектор нормального давления \bar{P}_n и вектор тангенциального давления \bar{P}_τ .

Величины этих давлений:

$$P_n = \bar{P}_n \cdot \mu_p, \text{ Па; } P_n = \bar{P}_n \cdot \mu_p, \text{ Па; } P_\tau = \bar{P}_\tau \cdot \mu_p, \text{ Па.} \quad (1.17)$$

1.16. Для трапецеидальной степени бункера (рис. 1.3) найдем эквивалентное равномерное давление, действующее по всей высоте стенки бункера:

$$P_э = \frac{b \cdot 2P_n + a \cdot P_n}{3(b + a)}, \text{ Па.} \quad (1.18)$$

1.17. Условно преобразуем трапецеидальную стенку бункера в прямоугольную и определим размеры сторон преобразованного прямоугольного листа (рис. 1.3):

$$a_n = \frac{2}{3}b \left(\frac{b + 2a}{b + a} \right), \text{ м; } b_n = H_1 - \frac{1}{6} \left(\frac{b^2 - ba}{b + a} \right), \text{ м.} \quad (1.19)$$

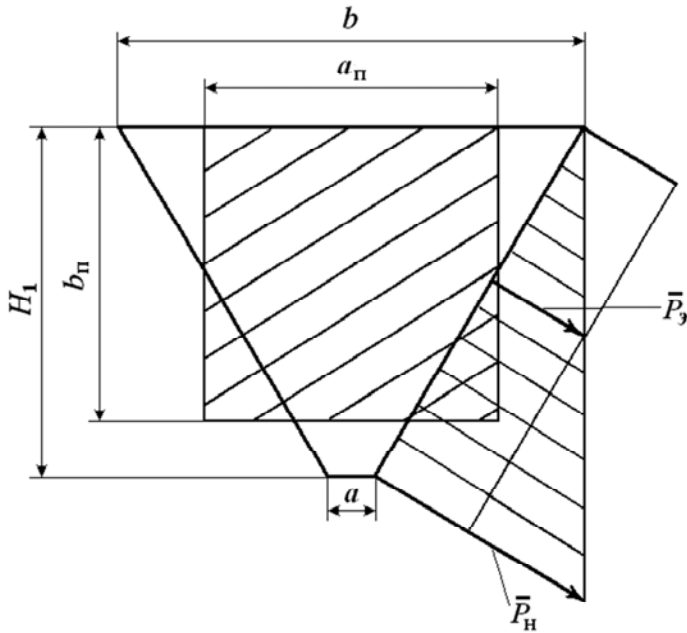


Рисунок 1.3 – Схема преобразования формы листа стенки бункера

1.18. Определим максимальный изгибающий момент на боковой стенке бункера

$$M_{и} = \beta \cdot P_{э} \cdot a_{п}^2 \cdot b_{п}, \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (1.20)$$

где β – коэффициент, зависящий от размеров преобразованного прямоугольного листа (выбирается по таблице 1.1).

Таблица 1.1

$\frac{b_{п}}{a_{п}}$	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25
β	0,0513	0,0665	0,0757	0,0813	0,0829	0,0833

1.19. Толщина стенки бункера

$$\delta = \sqrt{\frac{6M_{и}}{b_{п} \cdot [\sigma_{и}]} + K}, \text{ м}, \quad (1.21)$$

где $[\sigma_{и}]$ – предел прочности на изгиб материала стенки бункера, Па (для ст. 2 – $[\sigma_{и}] = 110 \dots 120$ МПа, ст. 3 – $[\sigma_{и}] = 130 \dots 140$ МПа);

K – коэффициент, учитывающий дефект от коррозии металла (0,001...0,0015 м).

1.20. Определим массу материала в полностью заполненном бункере

$$m_{м} = \rho_{н} \cdot V, \text{ кг}. \quad (1.22)$$

1.21. Определим массу самого бункера

$$m_{б} = 4 \left(\frac{a + b}{2} \right) H_1 \cdot \delta \cdot \rho_{ст}, \text{ кг}, \quad (1.23)$$

где $\rho_{ст}$ – плотность стали, кг/м³ (можно принять $\rho_{ст} = 7850$ кг/м³).

1.22. Приняв число опор бункера, определим нагрузку на одну опору:

$$P_{оп} = \frac{(m_{м} + m_{б})g}{n}, \text{ Н}, \quad (1.24)$$

где n – число опор;

g – ускорение силы тяжести, м/с².

1.23. Площадь опоры, устанавливаемой на фундамент:

$$F = \frac{P_{оп}}{[\sigma_{ф}]}, \text{ м}^2, \quad (1.25)$$

где $[\sigma_{\phi}]$ – допускаемое напряжение сжатия для материала фундамента, Па ($[\sigma_{\phi}]$ для бетонов – 2 МПа, для кирпичной кладки $[\sigma_{\phi}] = 0,7 \dots 0,8$ МПа).

Исходные данные для выполнения расчетов приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8
Производительность бункера Q , т/ч	3	4,5	7	9,5	12	14	17	13
Насыпная плотность материала ρ_n , кг/м ³	280	300	520	1100	1500	1500	1550	1600
Угол естественного откоса материала ϕ , град	38	39	42	41	40	36	40	39
Максимальный размер куска материала в смеси D_{\max} , м	0,12	0,13	0,08	0,09	0,1	0,12	0,11	0,09
Время сработки полного объема бункера t , ч	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,4	0,3	0,45

2. РАСЧЕТ ШИБЕРНОГО ЗАТВОРА БУНКЕРА

Исходные данные:

- максимальный размер частиц материала D_{\max} , м;
- насыпная плотность материала ρ_n , кг/м³;
- высота насыпки материала в бункере H , м;
- время открывания затвора t , с;
- угол естественного откоса материала φ , град.

Расчет выполняется в соответствии с рекомендациями [1] для шибера, перемещающегося в направляющих скольжения и качения.

На рис. 2.1 представлена схема затвора на направляющих скольжения с указанием размеров сторон выпускного отверстия бункера a и b , высоты насыпки материала в бункере H и сил, действующих при перемещении шибера P , F_1 , F_2 .

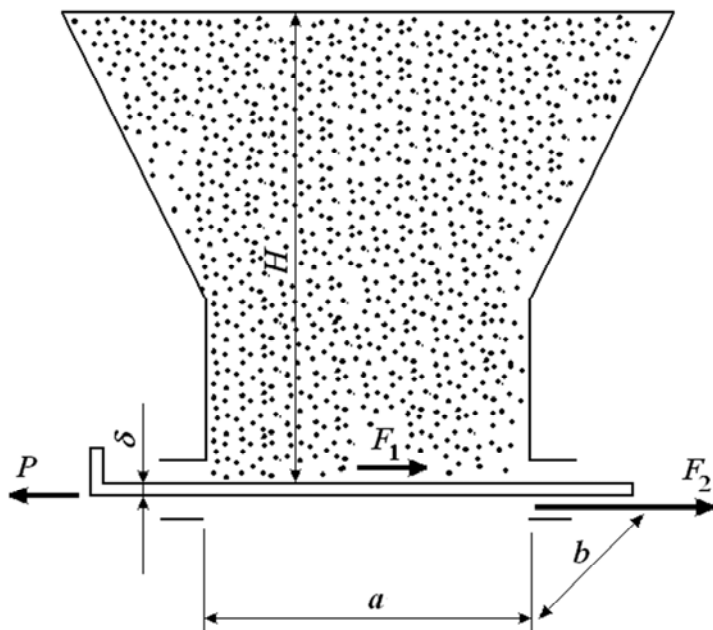


Рисунок 2.1 – Схема затвора на направляющих скольжения

2.1. Определим размер стороны выпускного отверстия бункера

$$a = 2,4(0,01 D_{\max} + 0,08)\text{tg}\varphi, \text{ м.} \quad (2.1)$$

2.2. Примем форму выпускного отверстия квадратной, тогда

$$a = b. \quad (2.2)$$

2.3. Вертикальное давление, действующее на шибер:

$$P_y = \rho_n \cdot g \cdot H \cdot K_3, \text{ Н,} \quad (2.3)$$

где g – ускорение силы тяжести, м/с^2 ;

K_3 – коэффициент зависания материала (0,8...0,9).

2.4. Определим максимальный изгибающий момент на шиберную заслонку

$$M_{\text{и}} = \beta \cdot P_y \cdot a^2 \cdot b, \text{ Н} \cdot \text{ м,} \quad (2.4)$$

где β – коэффициент, зависящий от отношения b/a , выбирается по таблице 1.1.

2.5. Толщина шибера

$$\delta = \sqrt{\frac{6M_{\text{и}}}{[\sigma_{\text{и}}] \cdot b}}, \text{ м,} \quad (2.5)$$

где $[\sigma_{\text{и}}]$ – предел прочности на изгиб материала, из которого выполнен шибер, Па (для ст. 3 $[\sigma_{\text{и}}] = 130 \cdot 10^6$ Па).

2.6. Масса шибера

$$m_{\text{ш}} = a \cdot b \cdot \delta \cdot \rho, \text{ кг,} \quad (2.6)$$

где ρ – плотность материала шибера, кг/м^3 (для ст. 3 $\rho = 7850$ кг/м^3).

2.7. Определим силу трения материала по шиберу

$$F_1 = P_y \cdot a \cdot b \cdot f_1, \text{ Н}, \quad (2.7)$$

где f_1 – коэффициент трения материала по шиберу (0,6...0,8).

2.8. Сила трения шибера по направляющим скольжения

$$F_2 = (P_y \cdot a \cdot b + m_{\text{ш}} \cdot g) \cdot f_2, \text{ Н}, \quad (2.8)$$

где g – ускорение силы тяжести, м/с²;

f_2 – коэффициент трения шибера по направляющим скольжения (0,5...0,6).

2.9. Сила сопротивления перемещению шибера

$$P = (F_1 + F_2) \cdot K_3, \text{ Н}, \quad (2.9)$$

где K_3 – коэффициент запаса, учитывающий возможность перекоса затвора (1,25...1,5).

2.10. Скорость перемещения шибера

$$v = \frac{a}{t}, \text{ м/с}. \quad (2.10)$$

2.11. Мощность, затрачиваемая на привод шибера на направляющих скольжения:

$$N = \frac{P \cdot v}{1000 \cdot \eta}, \text{ кВт}, \quad (2.11)$$

где η – КПД привода.

2.12. При перемещении шибера на направляющих качения (рис. 2.2) определим силу сопротивления качению шибера по роликам:

$$F_3 = (P_y \cdot a \cdot b + m_{\text{ш}} \cdot g) \cdot k, \text{ Н}, \quad (2.12)$$

где k – коэффициент сопротивления качению (0,003...0,004).

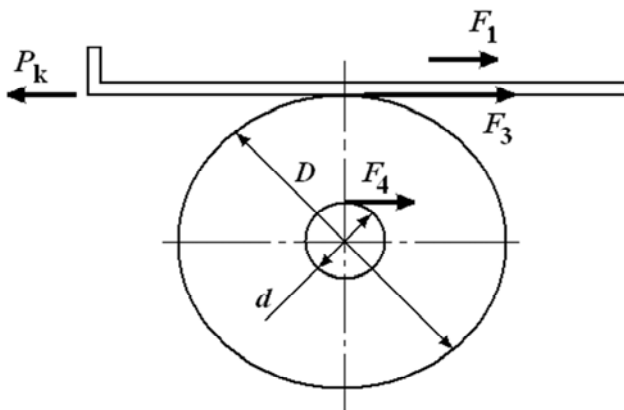


Рисунок 2.2 – Схема затвора на направляющих качения

2.13. Сила сопротивления качению ролика в цапфе

$$F_4 = (P_y \cdot a \cdot b + m_{ш} \cdot g + m_p \cdot g) \cdot f_{ц}, \text{ Н}, \quad (2.13)$$

где m_p – масса роликов, кг (принимается 0,6...0,7 от массы шибера);

$f_{ц}$ – коэффициент сопротивления в оси ролика (для подшипника качения принимается 0,003...0,004, для подшипника скольжения – 0,03...0,04).

2.14. Сила сопротивления перемещению шибера на направляющих качения

$$P_k = F_1 + F_3 + F_4 \cdot \frac{d}{D}, \text{ Н}, \quad (2.14)$$

где d и D – диаметры цапфы и ролика, м.

2.15. Мощность, затрачиваемая на привод шибера на направляющих качения:

$$N = \frac{P_k \cdot v}{1000 \cdot \eta}, \text{ кВт}, \quad (2.15)$$

Исходные данные для выполнения расчетов приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7
Высота насыпки материала в бункере H , м	4	3,5	5	4,5	3,0	4,8	3,7
Насыпная плотность материала ρ_n , кг/м ³	2700	2800	400	2200	1200	1600	1800
Максимальный размер частиц материала D_{\max} , м	0,1	0,08	0,06	0,12	0,08	0,1	0,09
Время открывания затвора t , с	5	8	6	4	8	7	6
Угол естественного откоса материала φ , град	42	40	39	43	40	38	41
Диаметр ролика D , м	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,06	0,07
Диаметр цапфы d , м	0,02	0,015	0,012	0,03	0,02	0,018	0,03

3. РАСЧЕТ ПЛАСТИНЧАТОГО ПИТАТЕЛЯ

Исходные данные:

- назначение питателя – выдача материала из бункера сырья;
- производительность питателя Q , т/ч;
- длина бункера L , м;
- насыпная плотность материала ρ_n , кг/м³;
- высота засыпки материала в бункере H , м;
- угол естественного откоса материала φ , град;
- высота расположения шиберной заслонки h , м.

При расчетах использованы зависимости и рекомендации, изложенные в [1] и [3]. Расчетная схема с указанием основных размеров и действующих сил представлена на рис. 3.1.

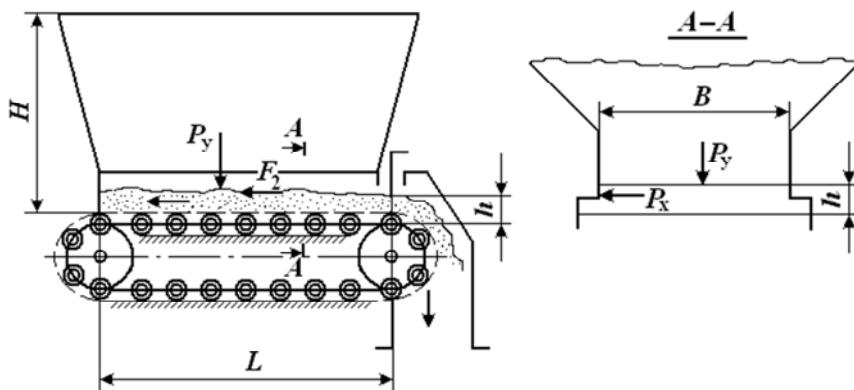


Рисунок 3.1 – Расчетная схема пластинчатого питателя

3.1. Ширина настила питателя

$$B = \frac{Q}{3,6 \cdot h \cdot \vartheta_n \cdot K_{зп} \cdot \rho_n}, \text{ м,} \quad (3.1)$$

где ϑ_n – скорость перемещения настила, м/с (0,02...0,15);

$K_{зп}$ – коэффициент заполнения разгрузочной щели питателя, зависит от физико-механических свойств материала (0,85...0,95 –

для хорошо сыпучих материалов; 0,75...0,85 – для склонных к слипанию).

3.2. Вертикальное давление на подвижный настил

$$P_y = \rho_n \cdot g \cdot H \cdot K_z, \text{ Па}, \quad (3.2)$$

где g – ускорение силы тяжести, м/с^2 ;

K_z – коэффициент зависания, учитывающий зависание материала на стенках горловины питателя (0,7...0,9).

3.3. Боковое давление, действующее на боковые стенки питателя:

$$P_x = P_y \cdot \varepsilon, \text{ Па}, \quad (3.3)$$

где ε – коэффициент бокового давления:

$$\varepsilon = \frac{1 - \sin^2 \varphi}{1 + \sin^2 \varphi}. \quad (3.4)$$

3.4. Сила трения подвижного слоя материала о неподвижный

$$F_1 = P_y \cdot B \cdot L \cdot f_{\text{вн}}, \text{ Н}, \quad (3.5)$$

где $f_{\text{вн}}$ – коэффициент внутреннего трения материала ($f_{\text{вн}} = \text{tg} \varphi$).

3.5. Сила трения подвижного материала о две боковые стенки питателя

$$F_2 = 2P_x \cdot L \cdot h \cdot f = 2P_y \cdot \varepsilon \cdot L \cdot h \cdot f, \text{ Н}, \quad (3.6)$$

где f – коэффициент трения материала о боковую стенку (0,6...0,8).

3.6. Сопrotивление движению грузовой ветви питателя

$$W_{\text{гp}} = (P_y \cdot B + q_0 g) \cdot L \cdot \omega, \text{ Н}, \quad (3.7)$$

где q_0 – масса 1 м длины движущего настила, кг/м (выбирается по справочной литературе или с небольшой погрешностью по зависимости $q_0 = 25B$, кг/м);

ω – коэффициент сопротивления движению катков цепей питателя по направляющим:

$$\omega = f_k + f_{ц} \frac{d_{ц}}{D_p}, \quad (3.8)$$

где $f_k = (0,05 \dots 0,2) \cdot 10^{-2}$ – коэффициент трения качения колес по направляющим;

$f_{ц} = (0,03 \dots 0,06)$ – коэффициент трения в цапфах на подшипниках качения;

$d_{ц}$ и D_p – диаметр цапфы и колеса-ролика соответственно, м (задается или выбирается по таблицам).

3.7. Сопротивление движению холостой ветви

$$W_{п} = q_0 \cdot g \cdot L \cdot \omega, \text{ Н.} \quad (3.9)$$

3.8. Сопротивление от перегиба цепей на звездочках

$$W_3 = 0,15(W_{тр} + W_{п}), \text{ Н.} \quad (3.10)$$

3.9. Тяговое усилие на звездочках

$$T = F_1 + F_2 + W_{гр} + W_{п} + W_3, \text{ Н.} \quad (3.11)$$

3.10. Мощность двигателя привода питателя

$$N = \frac{T \cdot v_H}{1000 \cdot \eta_{пр}}, \text{ кВт,} \quad (3.12)$$

где $\eta_{пр}$ – КПД привода (0,85...0,9).

Исходные данные для выполнения расчетов приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7
Производительность питателя Q , т/ч	28	32	18	24	10	26	30
Длина бункера L , м	6	5	7	5	8	5	6
Насыпная плотность материала ρ_n , кг/м ³	1200	600	1600	800	400	110	2700
Высота засыпки материала в бункере H , м	3	4	5	4	4,5	5	3
Угол естественного откоса материала φ , град	42	38	44	40	39	41	42
Высота расположения шиберной заслонки h , м	0,2	0,15	0,25	0,3	0,32	0,19	0,3
Коэффициент полезного действия привода $\eta_{пр}$	0,85	0,9	0,92	0,8	0,86	0,9	0,8
Диаметр ролика D_p , м	0,04	0,05	0,04	0,04	0,03	0,04	0,06
Диаметр цапфы $d_{ц}$, м	0,01	0,015	0,01	0,016	0,01	0,015	0,2

4. РАСЧЕТ ШЛЮЗОВОГО ПИТАТЕЛЯ

Исходные данные:

- назначение питателя – выдача материала из бункера в перерабатывающую машину;
- производительность питателя Q , т/ч;
- насыпная плотность материала ρ_n , кг/м³;
- высота засыпки материала в бункере H , м;
- длина питателя, B , м;
- угол естественного откоса материала φ , град;
- частота вращения барабана n , с⁻¹;
- число ячеек барабана z , шт.

При расчетах использованы зависимости и рекомендации, изложенные в [1] и [3].

Расчетная схема питателя представлена на рис. 4.1.

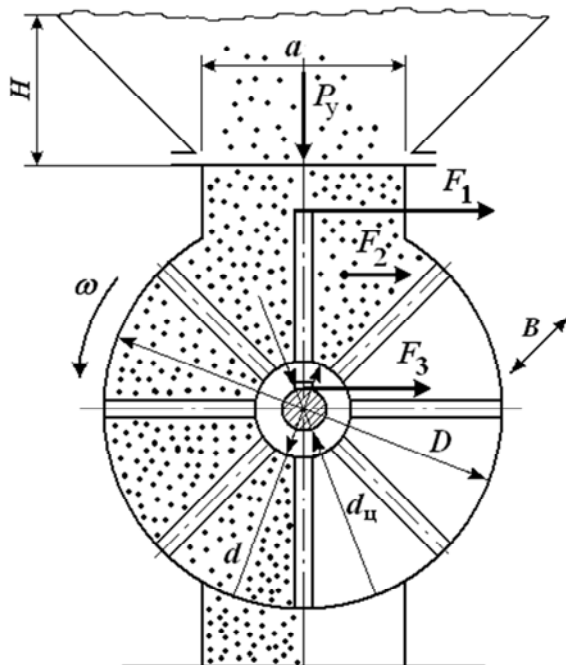


Рисунок 4.1 – Расчетная схема шлюзового питателя

4.1. Из формулы производительности питателя

$$Q = 3,6 \cdot V_0 \cdot n \cdot \rho \cdot z \cdot \varphi, \text{ т/ч},$$

находим объем одной ячейки:

$$V_0 = \frac{Q}{3,6 n \cdot \rho \cdot z \cdot \varphi}, \text{ м}^3, \quad (4.1)$$

где φ – коэффициент использования объема ячейки (0,7...0,8).

4.2. Определим диаметр барабана

$$d = \frac{z \cdot l}{\pi}, \text{ м}, \quad (4.2)$$

где l – длина дуги по месту установки лопастей, м.

Принимается по конструктивным соображениям с учетом возможности установки лопастей на барабане ($l_{\min} = 0,03$ м).

4.3. Определим рабочий объем питателя с учетом толщины лопастей

$$V_p = \frac{z \cdot V_0}{K}, \text{ м}^3, \quad (4.3)$$

где K – коэффициент, учитывающий уменьшение рабочего объема за счет толщины лопастей (0,9...0,95).

4.4. Из формулы объема полого цилиндра

$$V = \left(\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} \right) B$$

найдем диаметр ротора по концам лопастей

$$D = \sqrt{\frac{\pi d^2 + 4 V_p}{\pi \cdot B}}, \text{ м}. \quad (4.4)$$

4.5. Определим ширину загрузочной и выпускной горловины питателя

$$a = (0,6 \dots 0,7) D, \text{ м.} \quad (4.5)$$

4.6. Скорость истечения материала из бункера в питатель

$$\vartheta = 5,65 \mu \cdot \sqrt{R_{\Gamma}}, \text{ м/с,} \quad (4.6)$$

где μ – коэффициент истечения материала зависит от сыпучести материала (0,4...0,5 – для слабосыпучих материалов; 0,6...0,7 – для хорошо сыпучих материалов);

R_{Γ} – гидравлический радиус загрузочной горловины:

$$R_{\Gamma} = \frac{a \cdot B}{2a + 2B}, \text{ м.}$$

4.7. Производительность по истечению материала через загрузочную горловину

$$Q_{\text{ист}} = \vartheta \cdot a \cdot B, \text{ м}^3/\text{с.} \quad (4.7)$$

4.8. Для обеспечения требуемой производительности питателя необходимо соблюдение условия

$$Q_{\text{ист}} > \frac{Q}{3,6 \cdot \rho_{\text{H}}}, \text{ м}^3/\text{с.} \quad (4.8)$$

4.9. Вертикальное давление от массы материала, действующее в загрузочной горловине питателя:

$$P_y = \rho_{\text{H}} \cdot g \cdot H \cdot K_3, \text{ Па,} \quad (4.9)$$

где K_3 – коэффициент зависания материала (0,8...0,9).

4.10. Боковое давление, действующее на торцевые крышки питателя,

$$P_x = P_y \cdot \varepsilon, \text{ Па}, \quad (4.10)$$

где ε – коэффициент бокового давления:

$$\varepsilon = \frac{1 - \sin^2 \varphi}{1 + \sin^2 \varphi}.$$

4.11. Сила сдвига материала по концам лопастей барабана

$$F_1 = P_y \cdot a \cdot B \cdot f_{\text{вн}}, \text{ Н}, \quad (4.11)$$

где $f_{\text{вн}}$ – коэффициент внутреннего трения материала ($f_{\text{вн}} = \text{tg} \varphi$).

4.12. Сила трения материала о боковые стенки питателя

$$F_2 = 2 \left(P_x \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} + \frac{3}{4} V_o \cdot z \cdot \rho_n \cdot g \cdot \varepsilon \right) f, \text{ Н}, \quad (4.12)$$

где f – коэффициент трения материала о стенки питателя (0,6...0,8);

g – ускорение силы тяжести, м²/с.

4.13. Масса барабана питателя

$$m_6 = \left(\frac{\pi d^2}{4} - \frac{\pi(d - t_{\text{ст}})^2}{4} \right) B \cdot \rho_{\text{ст}} + \\ + z \left(\frac{D - d}{2} \cdot B \cdot t_{\text{л}} \right) \rho_{\text{ст}}, \text{ кг}, \quad (4.13)$$

где $t_{\text{ст}}$ – толщина стенки барабана, м (принимается конструктивно);

$\rho_{\text{ст}}$ – плотность стали ($\rho_{\text{ст}} = 7850 \text{ кг/м}^3$);

$t_{\text{л}}$ – толщина лопасти, м (принимается конструктивно).

4.14. Сила сопротивления в подшипниковых опорах барабана

$$F_3 = (P_y \cdot a \cdot B + z V_o \cdot \rho_n \cdot g + m_6 \cdot g) f_{\text{ц}}, \text{ Н}, \quad (4.14)$$

где $f_{ц}$ – коэффициент сопротивления в подшипниках качения (0,03...0,06).

4.15. Момент сопротивления вращению ротора питателя

$$M = F_1 \frac{D}{2} + F_2 \left(\frac{D-d}{4} + \frac{d}{2} \right) + F_3 \frac{d_{ц}}{2}, \text{ Н} \cdot \text{ м}. \quad (4.15)$$

4.16. Угловая скорость вращения барабана

$$\omega = 2 \pi n, \text{ с}^{-1}. \quad (4.16)$$

4.17. Мощность, необходимая на привод питателя:

$$N = \frac{M \cdot \omega}{1000 \cdot \eta_{пр}}, \text{ кВт},$$

где $\eta_{пр}$ – КПД привода (0,85...0,9).

Исходные данные для выполнения расчетов приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1

№ варианта	1	2	3	4	5	6
Производительность питателя Q , т/ч	4,8	6	10	15	20	16
Насыпная плотность материала ρ_n , кг/м ³	320	420	1200	1800	2700	1900
Высота засыпки материала в бункере H , м	3	2,5	3,5	2,9	3,6	2,4
Угол естественного откоса материала φ , град	42	38	44	42	39	41
Частота вращения барабана n , с ⁻¹	0,5	0,8	0,4	0,7	0,9	1,0
Число ячеек барабана z , шт.	6	8	8	6	8	8
Длина питателя B , м	0,35	0,4	0,38	0,42	0,4	0,30

5. РАСЧЕТ ДИСКОВОГО ДОЗАТОРА

Исходные данные:

- производительность дозатора Q , т/ч;
- насыпная плотность материала ρ_n , т/ч;
- угол естественного откоса материала φ , град;
- высота установки манжеты h , м;
- длина питателя B , м;
- время сработки полного объема бункера t , с;
- угол установки скребка β , град.

Расчет выполнен по методике и рекомендациям, изложенным в [1] и [3].

Расчетная схема дозатора представлена на рис. 5.1.

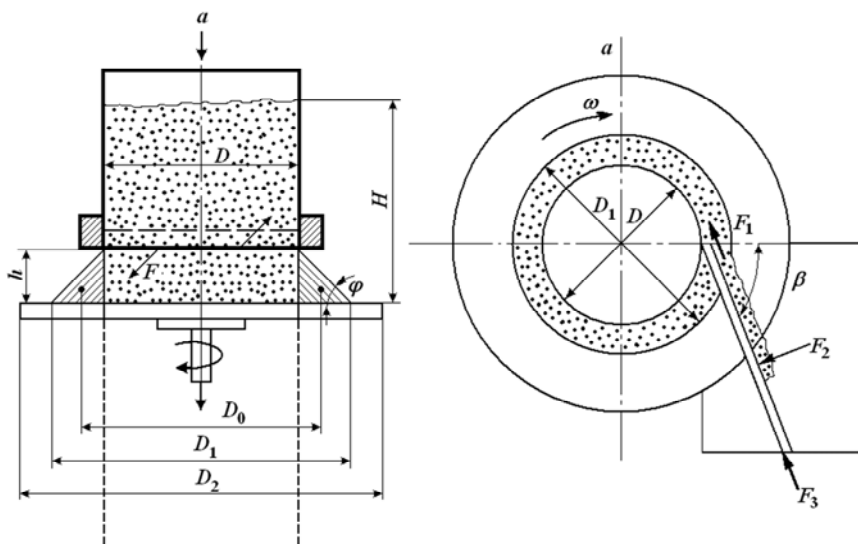


Рисунок 5.1 – Расчетная схема дозатора

5.1. Объемная производительность дозатора

$$Q_V = \frac{Q}{3,6\rho_n}, \text{ м}^3/\text{с}. \quad (5.1)$$

5.2. Необходимый объем цилиндрического бункера с учетом запаса сыпучего материала на время t :

$$V = Q_V \cdot t, \text{ м}^3. \quad (5.2)$$

5.3. Задавшись рекомендуемым соотношением высоты бункера и его диаметра $H = (2 \dots 3) D$ определим диаметр бункера:

$$D = \sqrt{\frac{4V}{(2 \dots 3)\pi}}, \text{ м}. \quad (5.3)$$

5.4. Диаметр кольца материала

$$D_1 = D + \frac{2h}{\text{tg}\varphi}, \text{ м}. \quad (5.4)$$

5.5. Высота бункера

$$H = \frac{4V}{\pi D^2}, \text{ м}. \quad (5.5)$$

5.6. Объем материала, снимаемого скребком за один оборот диска:

$$V_o = \frac{h^2}{2 \text{tg}\varphi} \cdot \pi D_o, \text{ м}^3, \quad (5.6)$$

где D_o – диаметр по центрам тяжести сечений кольца, м:

$$D_o = D + \frac{2h}{3\text{tg}\varphi}.$$

5.7. Частота вращения диска

$$n = \frac{Q_V}{V_o}, \text{ с}^{-1}. \quad (5.7)$$

5.8. Расчетная частота вращения диска должна соответствовать условию

$$n \leq \sqrt{\frac{g \cdot f}{2 \pi^2 \cdot D_o}}, \text{ с}^{-1}, \quad (5.8)$$

где f – коэффициент трения материала по диску (0,6...0,8).

5.9. Диаметр диска

$$D_2 = 1,1 \cdot D_1, \text{ м.} \quad (5.9)$$

5.10. Вертикальное давление, действующее на уровне сдвига подвижного и неподвижного слоя материала:

$$P_{y1} = \rho_n \cdot g(H - h) \cdot K_3, \text{ Па,} \quad (5.10)$$

где K_3 – коэффициент зависания материала (0,7...0,9);

g – ускорение силы тяжести, м/с^2 .

5.11. Сила сопротивления сдвигу материала на уровне нижней кромки кольца

$$F = P_{y1} \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot f_{\text{вн}}, \text{ Н,} \quad (5.11)$$

где $f_{\text{вн}}$ – коэффициент внутреннего трения материала ($f_{\text{вн}} = \text{tg}\varphi$).

5.12. Момент силы трения F :

$$M = F \cdot \frac{D}{4}, \text{ Н} \cdot \text{ м.} \quad (5.12)$$

5.13. Мощность, затраченная на сопротивление сдвигу материала:

$$N_1 = M \cdot 2\pi n, \text{ Вт.} \quad (5.13)$$

5.14. Сила трения материала при его сбрасывании по поверхности диска

$$F_1 = V_0 \cdot \rho_n \cdot g \cdot f_1, \text{ Н}, \quad (5.14)$$

где f_1 – коэффициент трения материала по диску (0,6...0,8).

5.15. Скорость перемещения материала вдоль скребка

$$v_m = 2\pi n \frac{D_0}{2}, \text{ м/с}. \quad (5.15)$$

5.16. Мощность на трение материала по диску

$$N_2 = F_1 \cdot v_m, \text{ Вт}. \quad (5.16)$$

5.17. Нормальная к скребку сила

$$F_2 = F_1 \cdot \cos \beta, \text{ Н}. \quad (5.17)$$

5.18. Сила трения материала по скребку

$$F_3 = F_2 \cdot f_2, \text{ Н}. \quad (5.18)$$

где f_2 – коэффициент трения материала по скребку (0,6...0,8).

5.19. Мощность, затраченная на трение материала по скребку:

$$N_3 = F_3 \cdot v_m, \text{ Вт}. \quad (5.19)$$

5.20. Мощность на привод дозатора

$$N = \frac{N_1 + N_2 + N_3}{1000 \cdot \eta_{пр}}, \text{ кВт}, \quad (5.20)$$

где $\eta_{пр}$ – КПД привода (0,85...0,9).

Исходные данные для выполнения расчетов приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1

№ варианта	1	2	3	4	5	6
Производительность дозатора Q , т/ч	6	3	4	5	7	8
Насыпная плотность материала ρ_n , т/ч	1300	600	1000	700	1200	1500
Угол естественного откоса материала φ , град	42	38	40	44	39	41
Высота установки манжеты h , м	0,15	0,09	0,1	0,12	0,15	0,18
Время сработки полного объема бункера t , с	1200	800	900	700	1300	900
Угол установки скребка β , град	60	68	70	75	65	72

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Горфин, О. С. Машины и оборудование по переработке торфа / О. С. Горфин. – М. : Недра, 1990. – 206 с.

2. Борщев, В. Я. Оборудование для переработки сыпучих материалов / В. Я. Борщев, Ю. И. Гусев, М. А. Промтов. – М. : Машиностроение-1, 2006. – 208 с.

3. Катылов, А. В. Дозирование сыпучих материалов / А. В. Катылов. – Л. : Химия, 1990. – 240 с.