

7. РАСЧЁТ ДОЗАТОРОВ КОРМОВ

Барабанные дозаторы (рис. 10) делятся на цилиндрические, гладкие, рифленые, ячеистые и лопастные. Цилиндрические, гладкие и граненые дозаторы обеспечивают дозирование материала за счёт сил трения и сцепления с поверхностью барабана. В ячеистых и лопастных барабанах количество подаваемого материала определяется числом и объёмом секторов, которые представляют собой ячейки определённой геометрической формы или состоят из лопастей. Подача материала в первых двух дозаторах изменяется регулировочной заслонкой, ограничивающей высоту выгружаемого барабаном слоя при постоянной частоте вращения, а в секторных дозаторах – изменением частоты их вращения.

Цилиндрические гладкие и мелкорифлёные барабаны применяют для дозирования порошковых и мелкозернистых материалов, а секторные – для мелко- и среднекусковых материалов. Окружная скорость барабанов составляет $0,025 \dots 1$ м/с.

Пропускная способность дозатора q (кг/с) с гладким или мелкорифлёным цилиндрическим барабаном определяется выражением

$$q = \pi h_m B D n \rho \varphi, \quad (51)$$

где h_m – толщина слоя материала, извлекаемого барабаном из-под регулировочной заслонки, м; B – ширина выпускного отверстия бункера (рабочая длина барабана), м; D – диаметр барабана, м; n – частота вращения барабана, с^{-1} ; ρ – объёмная масса насыпного материала, $\text{кг}/\text{м}^3$; φ – коэффициент заполнения, равный $0,7 \dots 0,9$.

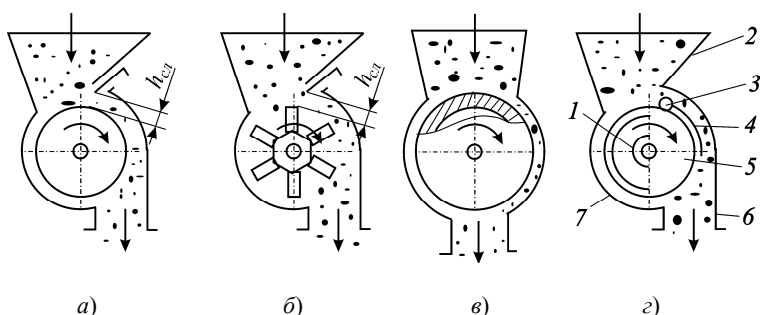


Рис. 10. Барабанные дозаторы с барабаном:

- а* – цилиндрическим гладким; *б* – рифлёным; *в* – ячеистым; *г* – лопастным;
 1 – ось; 2 – горловина загрузочного бункера; 3 – ось скребка;
 4 – скребок для снятия избыточного материала в секциях;
 5 – ячейка барабана; 6 – выгрузное отверстие; 7 – барабан

Для дозатора с барабаном, расположенным непосредственно под выпускным отверстием бункера, h_m принимают равной высоте разгрузочной щели, измеряемой от цилиндрической поверхности барабана до верхней кромки регулировочной заслонки.

Крутящий момент $M_{кр}$ (Н·м) на валу цилиндрического барабана определяется выражением

$$M_{кр} = \frac{(G + G_0 g) d f_{ц}}{2}, \quad (52)$$

где G – сила давления насыпного материала на барабан, Н; G_0 – масса барабана, кг; d – диаметр цапф барабана, м; $f_{ц}$ – коэффициент сопротивления в цапфах (для подшипников качения $f_{ц} = 0,05$, для подшипников скольжения $f_{ц} = 0,15$).

Формула не учитывает трения насыпного материала о поверхность барабана, поскольку сила трения материала, лежащего по левую сторону от оси барабана, примерно уравнивается воздействием на барабан гравитационного потока материала с его правой стороны.

Крутящий момент для рифлёных барабанов определяется выражением

$$M_{кр} = \frac{K_1 G D f_0}{2} + \frac{(G + G_0 g) d f_{ц}}{2}, \quad (53)$$

где K_1 – коэффициент, учитывающий крошение материала под действием ребер барабана (для крупнокускового материала $K_1 = 2$, а для мелкозернистого – $K_1 = 1$); f_0 – коэффициент внутреннего трения материала.

Мощность, расходуемая на привод N барабанного дозатора, определяется формулой

$$N = \frac{K_y M_{кр} n}{\eta}, \quad (54)$$

где K_y – коэффициент, учитывающий потери мощности на трение рабочих органов K_y ($K_y = 1,1 \dots 1,2$); η – КПД приводного механизма.

Подача секторного и лопастного барабанного дозатора определяется выражением

$$q = F_{ж} l z \rho n \varphi, \quad (55)$$

где $F_{ж}$ – площадь поперечного сечения ячейки, м²; l – длина рабочей части ячейки, м; z – число ячеек; ρ – объёмная масса насыпного материала, кг/м³; φ – коэффициент заполнения дозатора ($\varphi = 0,7 \dots 0,9$).

Суммарный момент сопротивления барабану лопастного барабанного дозатора

$$M = f_2 \rho g R^2 l H_0 \theta + f_1 \rho g R^3 l, \quad (56)$$

где f_2, f_1 – соответственно коэффициенты трения корма о корпус дозатора и внутри кормовой массы; ρ – насыпная плотность корма, кг/м³; R – радиус барабана, м; l – длина барабана, м; H_0 – высота слоя корма в бункере относительно верхней кромки загрузочного окна дозатора, м; θ_1 – центральный угол, определяющий ширину загрузочного окна дозатора, рад.

Винтовые дозаторы применяют для подачи зернистых, мелкодисперсных, порошкообразных и связанных материалов в тех случаях, когда некоторое доизмельчение дозируемого продукта не имеет практического значения. Они могут работать в горизонтальном и наклонном положениях. Отличаются постоянством подачи и надежностью выполнения технологического процесса.

По своему конструктивному исполнению винтовые дозаторы делятся на одновинтовые, спаренные, с каналом обратного хода, с постоянным и переменным шагом, горизонтальные и наклонные. Пропускную способность винтовых дозаторов регулируют частотой вращения и регулировочными заслонками в заборной или выгрузной части.

Пропускную способность q (кг/с) одновинтовых дозаторов определяют по выражению

$$q = \frac{\pi [(D + 2\delta)^2 - d^2] S n \varphi C}{4}, \quad (57)$$

где D – диаметр винта дозатора, м; δ – радиальный зазор между кромкой винта и внутренней поверхностью кожуха шнека, м; d – диаметр вала винта, м; S – шаг винта, м ($S = 0,8 \dots 1,0$) $\cdot D$; n – частота вращения винта, с⁻¹ (для подвижного материала находится в пределах $0,66 \dots 1,3$ с⁻¹, для материалов пониженной подвижности $n = 0,33 \dots 0,66$ с⁻¹); φ – коэффициент наполнения ($\varphi = 0,8 \dots 1,0$); C – коэффициент, учитывающий снижение пропускной способности винтового дозатора от угла его наклона β к горизонту (при $\beta = 0^\circ$, $C = 1$; $\beta = 30^\circ$, $C = 0,58$; $\beta = 50^\circ$, $C = 0,48$).

Пропускную способность многвинтовых дозаторов определяют по приведенной выше формуле с поправочным коэффициентом, кратным числу винтов в дозирующем механизме.

Потребляемая мощность N привода горизонтального и наклонного до 20° к горизонту винтового дозатора определяется формулой

$$N = \frac{gq(Lk' + H)k''}{\eta}, \quad (58)$$

где L – горизонтальная проекция пути перемещения груза, м; k' – коэффициент сопротивления перемещению материала в корпусе дозатора (для комбикормов $k' = 1,2$; минеральных добавок $k' = 2,5$; кусковых материалов $k' = 4$); H – высота подъёма груза, м; k'' – коэффициент, учитывающий потери на трение в подшипниках ($k'' = 1,1 \dots 1,2$); η – КПД привода.

Для дозаторов с углом наклона к горизонту от 20° до 45° необходимую мощность определяют с учётом поправочного коэффициента k (при $\beta = 25^\circ$, $k = 1,05$; $\beta = 30^\circ$, $k = 1,13$; $\beta = 45^\circ$, $k = 1,4$).

Разновидностями винтовых дозаторов являются устройства с коническими шнеками или винтами переменного шага в заборной части дозатора. Винтовой дозатор с конической заборной частью (рис. 11) состоит из кожуха 4 с выгрузным патрубком 3, накопительного бункера 1 с установленной в заборной зоне регулировочной заслонкой 2, перекрывающей конический участок винта 5 таким образом, что поступающий из бункера материал попадает на участок, ограниченный размерами конуса от $d_{\text{к max}}$ до $d_{\text{к}}$. Таким образом, объём кормовых материалов, подаваемых на выгрузку при вращении винта, определяют разностью между объёмом цилиндра с диаметром винта дозатора D и объёмом усеченного конуса с основаниями диаметров $d_{\text{к}}$ и $d_{\text{к max}}$ с равными высотами, соответствующими величине открытия заслонки.

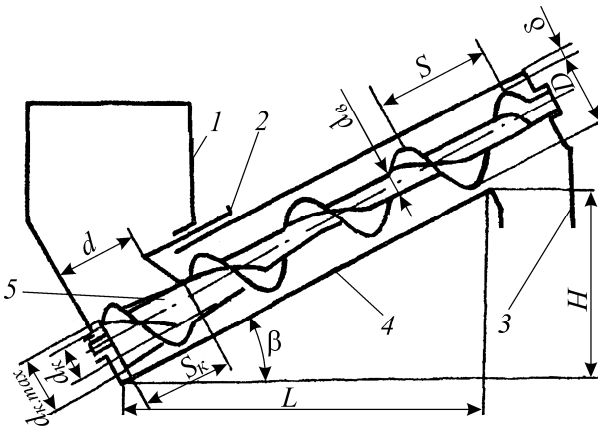


Рис. 11. Схема винтового дозатора с коническим рабочим органом

Пропускную способность винтового дозатора с коническим рабочим органом определяют по выражению:

$$q = \frac{\pi \left[(D + 2\delta)^2 - \frac{1}{3} (d_{\text{к max}}^2 + d_{\text{к}}^2 + d_{\text{к max}} d_{\text{к}}) \right] S_{\text{к}} \rho \eta \varphi C}{4}, \quad (59)$$

где $d_{\text{к max}}$ – диаметр основания конуса винта, м; $d_{\text{к}}$ – диаметр конусной части винта, погруженной в зону насыпного груза, ограниченную положением регулировочной заслонки, м; $S_{\text{к}}$ – длина рабочей части конусного винта, находящегося в насыпном грузе, м.

Для уменьшения влияния сводообразования в зоне загрузочного окна, особенно при настройке на малую подачу, предлагается использовать дозатор, изображённый на рис. 12. Дозатор включает шнек, состоящий из загрузочного 8 и выгрузного 11 участков. Шнек находится в кожухе 3, который соединён с бункером 7 через загрузочное окно 8. Шнек выполнен с увеличивающимся в сторону выгрузного окна 11 шагом, причём навивка шнека в зоне загрузочного окна 8 выполнена длиной, равной длине этого окна. В зоне загрузочного окна 8 установлена подвижная заслонка 6 с возможностью перемещения вдоль оси шнека в сторону выгрузного окна 11. Заслонка 6 связана с механизмом регулировки подачи, состоящим из стрелки-указателя 5 и шкалы 4. Привод шнека осуществляется при помощи электродвигателя 1 и редуктора 2.

В начале работы дозатора для настройки на минимальную подачу заслонка 6 устанавливается по шкале 4 в положение, соответствующее минимальной подаче корма L_{min} (рис. 12). При этом с бункером 7, в зоне загрузочного окна 8, сообщается загрузочный участок шнека 9 с минимальным шагом навивки S_{min} . Шнек захватывает минимальную дозу корма и транспортирует её к выгрузному окну 11.

Для увеличения подачи заслонка 6 перемещается в сторону выгрузного окна 11 в соответствии со шкалой 4 в положение L_i ($L_{\text{min}} \leq L_i \leq L_{\text{max}}$). В зоне загрузочного окна 8 с бункером 7 сообщается загрузочный участок шнека 9 с увеличенным шагом навивки S_i ($S_{\text{min}} \leq S_i \leq S_{\text{max}}$), при этом обеспечивается заданная подача корма, которая контролируется при помощи шкалы 4.

Подача в зоне загрузочного окна определяется по формуле:

$$Q = Fv\gamma, \quad (60)$$

где $v = f(R, \lambda, \tau_0, \gamma)$ – скорость истечения кормового продукта из бункера, м/с; γ – объёмная масса насыпного корма, кг/м³; F – площадь

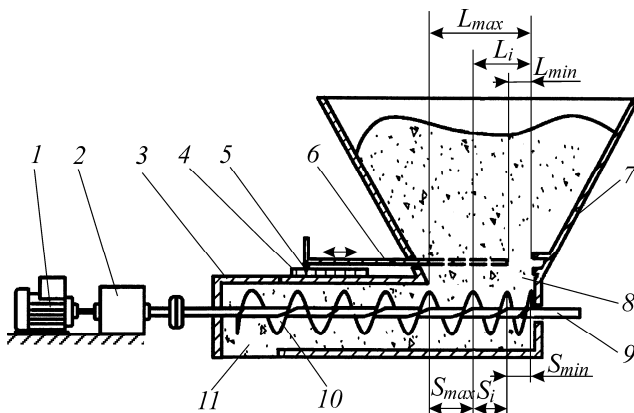


Рис. 12. Схема дозатора:

1 – электродвигатель; 2 – редуктор; 3 – кожух; 4 – шкала; 5 – стрелка-указатель; 6 – заслонка; 7 – бункер; 8 – загрузочное окно; 9 – загрузочный участок шнека; 10 – выгрузный участок шнека; 11 – выгрузное окно

поперечного сечения отверстия, м^2 ; τ_0 – начальное сопротивление сдвигу, Па; φ – угол внутреннего трения, град; R – гидравлический радиус отверстия истечения, м.

Минимальная величина открытия заслонки загрузочного окна определяется из условия отсутствия сводообразования

$$L_{\min} \geq \frac{2\tau_0(B - a')(1 + \sin \varphi)}{(B - a')\gamma g - 2\tau_0(1 + \sin \varphi)} + a', \quad (61)$$

где L_{\min} – минимальная длина выгрузного отверстия, м; B – ширина выгрузного отверстия (обычно для шнековых дозаторов принимают $B = D + 2\delta$), D – диаметр шнека, м; δ – зазор между кожухом шнека и шнеком, м; a' – размер характерных частиц корма, м.

Величину открытия заслонки для заданной подачи корма можно определить из формулы (60) с учётом формулы (61):

$$L_i = \frac{Q_{\text{тр}}}{Bv\gamma}, \quad (62)$$

где $Q_{\text{тр}}$ – необходимая подача шнекового дозатора, кг/с.

Теоретическая подача шнека определяется по формуле:

$$Q_{\text{тр}} = \frac{\pi[(D + 2\delta)^2 - d^2]nS_i\gamma}{4}, \quad (63)$$

где d – диаметр вала шнека, м; n – частота вращения шнека, c^{-1} ; S_i – шаг навивки шнека, м (изменение шага навивки происходит в пределах от S_{\min} до S_{\max} , причём максимальное значение шага навивки совпадает с шагом навивки шнека в зоне транспортирования и выгрузки).

Шаг винтовой навивки шнека можно определить на любом из трёх участков по выражению

$$S_i \geq \frac{4Q_{\text{тр}}}{\pi n \gamma [(D + 2\delta)^2 - d^2]} = \frac{4v\gamma L_i B}{\pi n \gamma [(D + 2\delta)^2 - d^2]}, \quad (64)$$

Соответственно минимальный шаг навивки шнека будет определяться:

$$S_{\min} \geq \frac{4v\gamma B}{\pi n \gamma [(D + 2\delta)^2 - d^2]} \left(\frac{2\tau_0(B - a')(1 + \sin \varphi)}{(B - a')\gamma g - 2\tau_0(1 + \sin \varphi)} + a' \right). \quad (65)$$

Шнековый дозатор с принципом работы «шнек в шнеке» (рис. 13) состоит из бункера 8 с отсекающей заслонкой 7 и раздающим шнеком 3, загрузочная и выгрузная части которого соединены каналом обратного хода, в котором установлен дополнительный шнек 4. Выгрузное отверстие раздающего шнека перекрыто заслонкой 5.

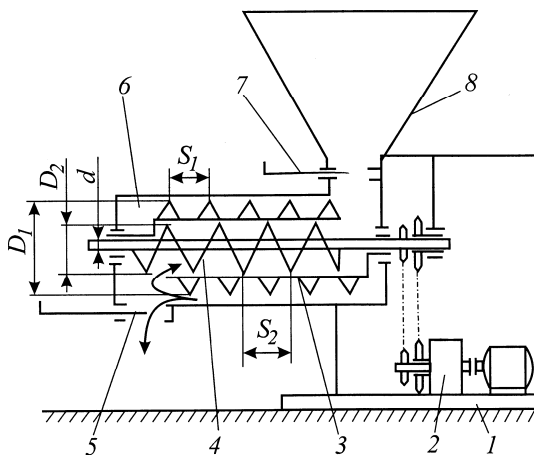


Рис. 13. Схема дозатора «шнек в шнеке»:

- 1 – рама привода; 2 – привод шнеков дозатора; 3 – шнек;
4 – канал обратного хода в виде шнека; 5 – перекрывающая заслонка;
6 – кожух шнека; 7 – отсекающая заслонка; 8 – бункер

Дозатор работает следующим образом. Корм из бункера 8 поступает на загрузочную часть шнека 3 через приоткрытую отсекающую заслонку 7. Затем транспортируется к зоне выгрузки шнеком 3 и часть корма, заданная при помощи перекрывающей заслонки 5 дозатора, выдается на следующий этап технологической линии. Излишки корма в зоне выгрузного окна захватываются шнеком 4 и транспортируются в зону загрузочного окна. Производительность шнеков подобрана таким образом, что при полностью открытой отсекающей заслонке 7 и закрытой перекрывающей 5, производительности шнеков 3 и 4 равны.

Дозатор позволяет автоматизировать процесс дифференцированной выдачи различных по консистенции кормов и обеспечить непрерывную работу привода дозатора. Это происходит за счёт расположения канала обратного хода внутри раздающего шнека 3, который заполнен в виде шнека. Выгрузное отверстие раздающего шнека перекрывается заслонкой принудительным возвратом пружины в исходное положение, что позволяет обеспечить принудительное циркулирование корма при постоянно работающих шнеках, равномерно заполнять межвитковое пространство раздающего шнека, исключить напрессовку, увеличить точность дозирования, особенно на сухих рассыпных кормах.

Потребная мощность привода винтового дозатора определяется так же, как и для обычных шнеков.

Ленточные дозаторы (рис. 14) применяются для дозирования плохосыпучих, а также влажных и слежавшихся материалов. Ленту 1 очищают от налипания специальным скребком 2. Дозатор можно устанавливать горизонтально или наклонно. Верхняя ветвь ленты лежит на опорных роликах или скользит по неподвижному металлическому настилу, а нижняя свободно провисает между барабанами. Вдоль ленты установлены борта, создающие жёлоб, по которому движется подаваемый из бункера материал. Бункер устроен так, что на ленту не передаётся давление столба корма. Слой корма на ленте 1 регулируют по высоте заслонкой 2. Скорость ленты дозатора – $0,1 \dots 0,5$ м/с.

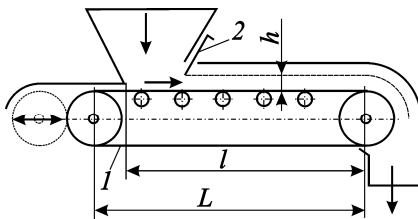


Рис. 14. Расчётная схема ленточного дозатора

Пропускную способность ленточного дозатора определяют выражением

$$q = bhv\rho\varphi, \quad (66)$$

где b – ширина ленты, м; h – толщина дозируемого слоя, м; v – скорость ленты, м/с; ρ – объёмная масса материала, кг/м³; φ – коэффициент заполнения жёлоба ($\varphi = 0,75 \dots 0,8$).

Мощность, расходуемую на привод $N_{пр}$, определяют по формуле

$$N_{пр} = N_1 + N_2, \quad (67)$$

где N_1 – мощность, расходуемая на подачу материала, Вт; N_2 – мощность, расходуемая на преодоление трения материала о стенки желоба, Вт.

Значение N_1 определяют по формуле

$$N_1 = qg(0,2L + H)k_6, \quad (68)$$

где L – длина дозатора между осями барабанов, м; H – высота подъёма продукта, м; $k_6 = 1,2$ – коэффициент, учитывающий сопротивление барабанов перегибу ленты и др.

Мощность N_2 определяют по формуле

$$N_2 = gh^2l\rho f k_{п}v, \quad (69)$$

где l – длина бортов, м; f – коэффициент трения корма о борт; $k_{п}$ – коэффициент подвижности материала

$$k_{п} = \frac{1 - \sin \varphi'}{1 + \sin \varphi'}, \quad (70)$$

где φ' – угол естественного откоса при движении, град.

Скребковый дозатор состоит из бункера 3 (рис. 15), внутри которого располагаются датчики верхнего 2 и нижнего 6 уровней кормов, сетка 1 и ворошитель 4. Под выгрузным окном бункера, за шиберной заслонкой 18, закреплён кожух 12, внутри которого расположен скребковый транспортёр, состоящий из приводной цепи 11, к которой крепятся скребки 10 с подвижными пластинами 9, размещёнными в направляющих пазах скребков, и лента 13.

Подвижные пластины имеют выступы, которые вставляются в замкнутые направляющие 14, расположенные на боковых стенках кожуха. Каждая замкнутая направляющая в зоне загрузки выполнена в виде подвижной перпендикулярно скребковому транспортёру и с расширенной входной частью секции 17, жёстко связанной с отсекающей заслонкой 15, а через окно и с ползуном 16.

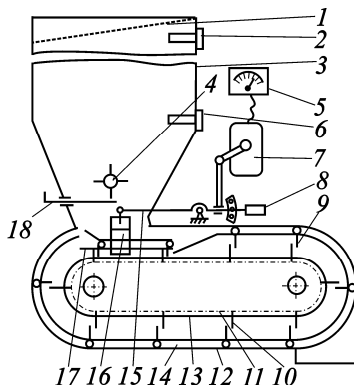


Рис. 15. Схема скребкового дозатора:

- 1 – сетка; 2 – датчик верхнего уровня; 3 – бункер; 4 – ворошитель;
 5 – дистанционный указатель положений; 6 – нижний датчик уровня;
 7 – исполнительный механизм; 8 – рычаг; 9 – подвижные пластины;
 10 – скребки; 11 – приводная цепь; 12 – кожух; 13 – лента;
 14 – замкнутые направляющие; 15 – отсекающая заслонка; 16 – ползун;
 17 – подвижная секция; 18 – шиберная заслонка

Перемещение ползуна *16* относительно окна осуществляется в направляющих вручную рычагом *8*, кинематически связанным с ползуном тягами и фиксируемым в заданном положении на секторе. В автоматическом режиме ползун перемещается посредством исполнительного механизма *7* с выводом показаний подачи на дистанционном указателе положения *5*.

Дозатор работает следующим образом. В бункер *5* через загрузочную горловину подают комбикорм, при этом происходит просеивание его через сетку *1*. Загрузка заканчивается при срабатывании датчика верхнего уровня *2*, установленного на расстоянии 25 см от верхнего края бункера. В заданное время открывают заслонку *18*, включают ворошилку *4*, скребковый транспортёр, в результате чего комбикорм захватывается скребками и равномерно подаётся на выдачу.

Для изменения подачи оператор фиксирует рычаг *8* на секторе в заданном положении и через тяги перемещает в вертикальной плоскости ползун *16*, а вместе с ним подвижную секцию *17* замкнутой направляющей *14* и отсекающую заслонку *15*. Подвижные пластины *9* скребков *10* в зоне загрузки своими выступами входят в расширенную часть подвижной секции и изменяют общую высоту скребков. Излишки корма над скребками счищаются отсекающей заслонкой *15*. При дальнейшем движении выступы подвижных лопаток находят на на-

клонную часть основных направляющих и скребки принимают максимальную высоту, что исключает переваливание корма через скребки во время движения транспортёра. Время выдачи комбикорма определяется режимом работы кормоцепа и устанавливается на программном реле времени.

Производительность дозатора определяется по формуле

$$Q = Bh_i v_{\text{ск}} \rho, \quad (71)$$

где $v_{\text{ск}}$ – скорость перемещения скребка, м/с; h_i – высота скребка, м; B – ширина скребка, м.

Широкое применение для дозирования сухих рассыпных кормосмесей находят тарельчатые дозаторы. Схема тарельчатого дозатора ДТК-1 представлена на рис. 16. Дозатор состоит из корпуса 2, закреплённых на валу червячного редуктора тарели 3 и побудителя, установленного над ним подвижного цилиндра 4 с регулировочной гайкой с рукояткой, поворотом которой изменяется зазор между цилиндром и тарелью. Для приёма корма на корпус установлен бункер, а для сброса корма с тарели в самотечную трубу на ней установлен нож. Привод дозатора осуществляется от электродвигателя.

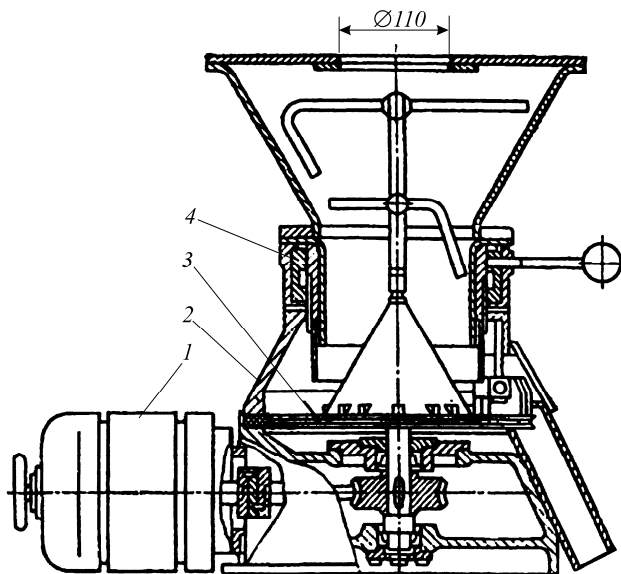


Рис. 16. Схема тарельчатого дозатора:

1 – электродвигатель; 2 – корпус; 3 – тарель;
4 – цилиндр с подъёмным устройством электродвигателя

Работает дозатор следующим образом. Из приёмного бункера компоненты поступают в цилиндр, высыпаясь на тарель, а затем за каждый оборот с неё снимается с помощью ножа определённая порция материала, расположенная на тарели в виде кольца треугольного сечения (рис. 17) и сбрасывается в самотечную трубу.

Теоретическая производительность дозатора определяется по формуле

$$Q = \frac{\pi h_i^2 n \rho \left(R + \frac{2h_i}{3 \operatorname{tg} \alpha_0} \right)}{2 \operatorname{tg} \alpha_0}, \quad (72)$$

где h_i – i -я высота подъёма цилиндра над тарелью, м; n – частота вращения тарели, с^{-1} ; ρ – объёмная масса дозируемого материала, кг/м^3 ; R – внутренний радиус цилиндра, м; α_0 – угол естественного откоса дозируемого материала, град.

Мощность на привод дозатора определяется из соотношения

$$N = \frac{h_i^2 \rho g f \omega \pi \left[\left(R + \frac{2h_i}{3 \operatorname{tg} \alpha_0} \right) \left(1 + \cos \left(\frac{\beta}{2} \right) \right) \right] k_2}{2 \operatorname{tg} \alpha_0}, \quad (73)$$

где ω – угловая скорость вращения тарели, с^{-1} ; β – угол установки скребка (замерить на установке), град; f – коэффициента трения материала о скребок; k_2 – коэффициент, учитывающий другие сопротивления ($k_2 = 1,5 \dots 2,0$).

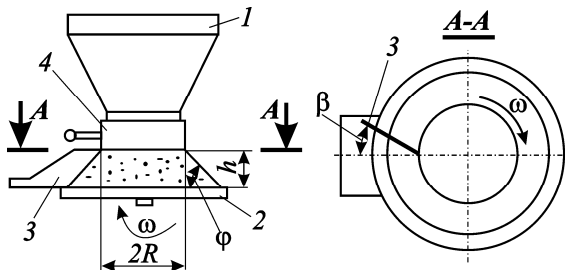


Рис. 17. Расчётная схема тарельчатого дозатора:

1 – корпус; 2 – тарель; 3 – нож; 4 – цилиндр