

Машины и оборудование для обеспечения животноводства



Кафедра «Технология и оборудование
переработки продукции АПК»

Лекционный курс

Автор

Московский М.Н., к.т.н., доцент

ОГЛАВЛЕНИЕ

ЛЕКЦИЯ №1 «Оценка качества процесса измельчения кормов»	4
Степень измельчения кормов	4
Способы измельчения.	4
Длина резки	5
Виды резания кормов.....	10
Теория резания выделяет три вида резания:	10
Защемление материала при резании	12
ЛЕКЦИЯ №2 «Конструктивные параметры режущей пары измельчителя»	14
Затыловочный угол.	14
Подача материала на измельчение.....	18
ЛЕКЦИЯ №3 «Конструктивные параметры измельчителей».....	21
Расчет барабанного измельчителя.....	21
Производительность измельчающего барабана	21
Энергоемкость процесса измельчения.....	22
Расчет основных параметров дисковых измельчающих аппаратов.	23
ЛЕКЦИЯ №4 «Измельчение кормовых материалов дроблением».....	27
Основы теории измельчения.....	29
Средний диаметр частиц при дроблении кормов	33
Удельная площадь поверхности частиц.....	33
ЛЕКЦИЯ №5 «Типы дробильных барабанов молотильных дробилок».....	35
Классификация современных дробилок.....	36
Молотки, решетка, деки.....	38
Типы дробильных барабанов	40
Рабочие скорости молотков.	40
Работа деформации при ударе.....	43
ЛЕКЦИЯ №6 «Диаметр молотковых дробилок».....	47
Расчет молотковых дробилок.....	49

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

Выбор размеров барабана	49
Производительность дробилки	49
Размеры и число молотков.....	50
Энергетические показатели.....	52
Технико-экономические показатели	53
ЛЕКЦИЯ № 7 «Устройство и расчет дозаторов»	55
ЛЕКЦИЯ № 8 «Процесс дозирования, оценка погрешности дозирования. Кормовые материалы как объект дозирования, их основные физико-механические свойства.».....	66
Процесс дозирования.	66
Выбор способа дозирования и типа дозатора.	66
Оценка погрешности дозирования.....	67
Дозирования материала.	68
Рабочий процесс дозирования.....	68
Типы дозаторов.	70
ЛЕКЦИЯ №9 «Назначение и особенности процесса смешивания кормов. Теория смешивания различных кормов. Кинетика процесса смешивания, степень однородности смеси. Оценка процессов смешивания. Механическое смешивание»	72
Степень однородности смеси.	74
Рабочий процесс смесителя.....	76
ЛЕКЦИЯ №10 «Кормораздатчики».....	79
Зоотехнические требования к технологии раздачи кормов.	79
Мобильные кормораздатчики.....	81
Машины и оборудование для раздачи кормов на свиноводческих фермах.....	83
Расчет кормораздатчиков.....	85
Расчет мобильных бункерных кормораздатчиков.	87
Раздатка к дроблению и измельчению.....	91
Раздатка к лекции № 8.....	98
Раздатка к лекции № 9.....	99

ЛЕКЦИЯ №1

«Оценка качества процесса измельчения кормов»

Требования к качеству измельчения кормов определяются условиями обеспечения нормального протекания процессов консервирования и переработки, лучшего использования транспортных средств и хранилищ. Измельчение улучшает поедаемость и усвояемость грубых кормов. Измельчение является одной из наиболее энергоемких операций кормопроизводства. Одним из основных показателей качества является степень измельчения.

Степень измельчения кормов

Степень измельчения зависит от вида кормовых материалов, их влажности, назначения, типа кормохранилищ, способа уплотнения массы. Степень измельчения определяется зоотехническими требованиями к кормам и зависит от вида сельскохозяйственных животных. При измельчении соломы и сена средний размер резки должен быть:

для КРС - 40-50 мм;

для лошадей - 30-40 мм;

для овец - 20-30 мм.

Более мелкую резку соломы размером 5-10 мм готовят при последующей ее смешивании с сочными кормами.

При производстве травяной витаминной муки высушенную сечку дробят до размеров частиц менее 1 мм.

Корнеплоды при скармливании с/х животным также подвергают измельчению. Толщина резки при скармливании КРС составляет 10-15 мм, телятам - 5-10 мм, свиньям - 5-10 мм, птице - 3-4 мм.

При силосовании сырого картофеля при производстве комбисилоса (корнеплоды+картофель+зеленые корма+травяная мука) его измельчают на частицы толщиной не более 5-7мм. При скашивании мододняку с/х животных корнеплоды, зеленую массу и силос измельчают до пастообразного состояния в пастоприготовителях (шерках). При закладке сенажа и силоса оптимальные частицы растительной массы равняются 20-25мм.

Следовательно, основным показателем оценки качества процесса измельчения листостебельных кормов является длина резки.

Способы измельчения.

Измельчение кормовых материалов может осуществляться различными способами: разбиванием свободным ударом, растиранием, плющением или раздавливанием, резанием, скалыванием или крошением. Каждый из способов измельчения применим для определенных видов кормов в зависимости от их физико-механических свойств и назначения измельчения и осуществляется измельчителями со специальными рабочими

органами. Например, зеленую массу трав для скармливания КРС измельчают резанием, а для свиней, кроме того, — растиранием и плющением; сухое зерно для приготовления комбикормов — свободным ударом или консервирования — плющением или раздавливанием и т.д.

Длина резки

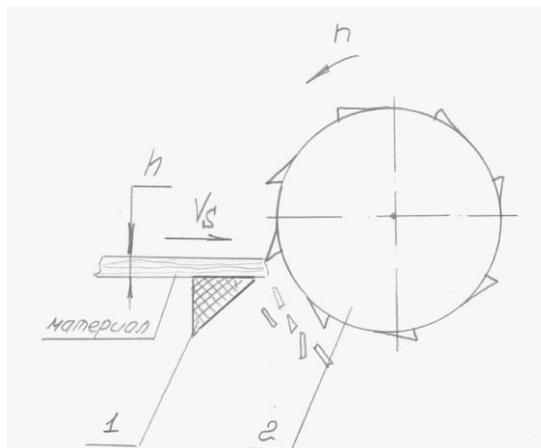
При работе дискового или барабанного измельчающего аппарата качество измельченной массы характеризуется средней длиной резки. Длина резки функционально связана с геометрическими параметрами и кинематическим режимом работы машины. Для этого рассмотрим работу дискового измельчающего аппарата, состоящего из диска 2, установленного на валу 3. К диску болтами крепятся ножи 4. Предварительно уплотненный слой измельчаемого материала 5 сечением h подается питающим устройством (на схеме отсутствует) со скоростью V_c на противорежущую пластину 6. Стебель 1 ориентируется в слое 5 производительным образом. Ножи вращаются с частотой n . В точке встречи с противорежущей пластиной 6 нож отсекает частицы стеблей длиной l_p . Расчетная длина частиц l_p равняется расстоянию, проходимому слоем за время между двумя следующими друг за другом резаниями ножей:

$$l_p = \frac{V_c}{n \times z},$$

где z - число ножей.

n - частота вращения ножей.

Приведенные рассуждения полностью справедливы и для барабанного измельчающего аппарата, только в этом случае z - число ножей на барабане.



Из формулы (2) видно, что для уменьшения длины резки, например в 2 раза, надо увеличить в 2 раза число ножей на диске или частоту вращения ротора. Для уменьшения длины резки в 2 раза необходимо снизить в 2 раза скорость подачи слоя материала. Выполнение первых двух условий сопряжено с конструктивными трудностями и со значительным возрастанием потребляемой мощности на привод. Выполнение условия снижения скорости подачи слоя материала влечет за собой снижение в 2 раза производительности машины.

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

Влияние прямое: - скорость подачи массы;

- положения стеблей относительно лезвия ножа;
- скорость резания;
- количество ножей;
- проскальзывание (при принудительной падаче);

Косвенное: - начальная длина стебля;

- производительность измельчителя;
- влажность стеблей;
- другое;

Истинная длина измельченных частиц определяется экспериментально.

$$l_m = \frac{v}{A};$$

$$v = \frac{\pi dn}{60};$$

где v - скорость стебля, перемещаемого вальцами;

n - число оборотов вальца;

A - число ножей на барабане, проходящих мимо противорежущей пластины;

$$A = \frac{n_1 z}{60};$$

где n_1 - число оборотов барабана в минуту;

z - число ножей на окружности;

Но длина частиц, изрезанного стебля равна длине L теоретической резки только в случае, если стебель движется перпендикулярно линии резания или лезвию противорежущей пластины. Когда стебель двинется под углом к линии резания, длина отрезков получается больше. Значительно сложнее обстоит дело, когда измельчаемая масса состоит из различно ориентированных стеблей растений. Именно такие процессы в сельскохозяйственной производстве являются преобладающим в измельчение соломы в зерновых комбайнах, отбор сена или соломы из стога фуражирами и т.п.

В настоящее время во всех этих случаях длина резки определяется экспериментально. Попытки теоретического анализа одной из частных задач этого вопроса, а именно теоретического обоснования варьирования длины сечки при измельчении стеблей подводит к решению основного вопроса по расчёту длины резки, но далека от реального расчёта длины резки.

В другой работе рассматривалось варьирование длины сечки в зависимости от размещения стеблей относительно плоскости резания.

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

Длина резки, в зависимости от угла наклона стебля (рис.) определяется по формуле:

$$l = \frac{l_m}{\sin \alpha};$$

где α - угол наклона стебля.

Это уравнение представляет из себя функцию случайного аргумента α .

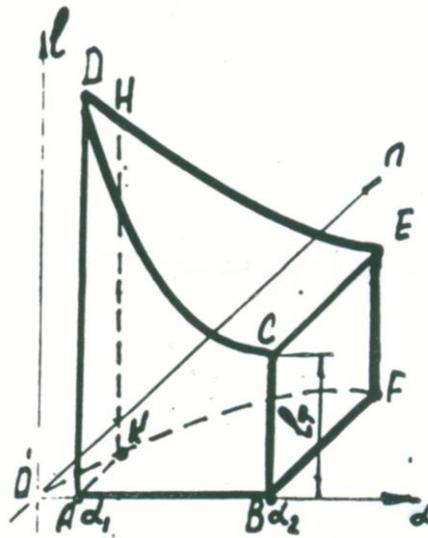


Рисунок. 1. К определению длины резания.

Если известен закон распределения угла α , то можно определить и закон распределения длины резания.

Закон распределения имеет вид:

$$g(l) = \frac{l_m}{(\alpha_1 - \alpha_2) \sqrt{l^2 - l_m^2}};$$

где α_1, α_2 – возможные значения интервала угла наклона стеблей к плоскости резания.

Теоретическая длина

$$l_m = \frac{l_{cp} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)}{\alpha_1 - \alpha_2}$$

Эта формула дает возможность определить теоретическую длину l_m хотя в ней заложен элемент неточности. Прежде всего необходимо знать l_{cp} которая определяется экспериментально.

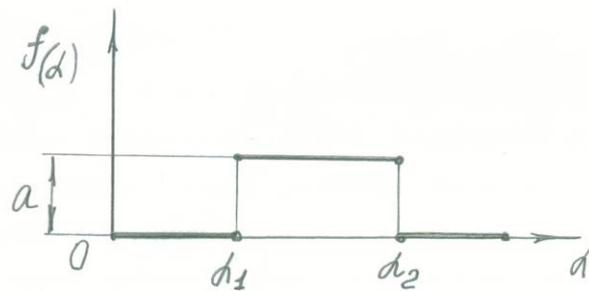


Рисунок 2. Закон распределения аргумента угла α

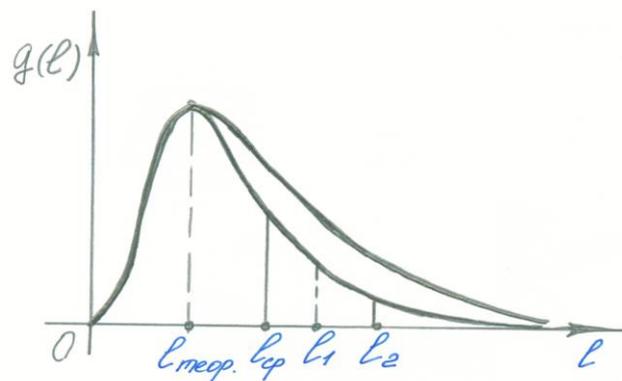


Рисунок 3. Функция распределения теоретических длин

Уточнить же параметры измельчителя барабана V , Z , N вообще не представляется возможным, так как зависимость между этими величинами и длиной резки является приближенной. Рациональным зерном следует считать то, что действительно закон распределения длины сечки в зависимости от ориентации стеблей к плоскости резания не подчинен нормальному закону распределения,

Длина резания по Перельсу

$$Z_m = \frac{\pi d n_6}{z n};$$

где d - диаметр подающего цилиндра в мм;

n_6 - число оборотов подающего вальца в об/мин;

n - число оборотов режущего инструмента в об/мин;

z - число ножей;

Главным и существенным, что влияет на длину резки l он считает, так называемое "конечное влияние", как влияние концов, причём, это влияние особенно заметно, когда длина стебля незначительна в сравнении с длиной резки.

Поток материала принимается как прямоугольный параллелепипед с высотой h , шириной b , и длиной Z_0 соответствующей исходной длине.

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

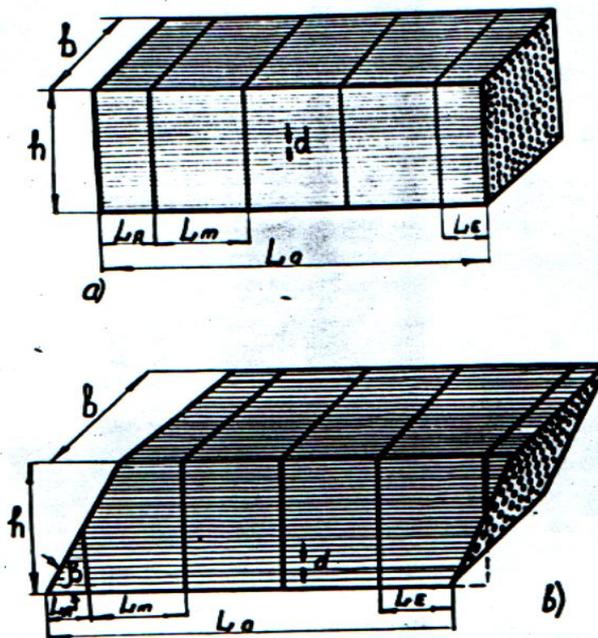


Рисунок 4. Поток материала, проходящий через измельчающий аппарат.

Число Z_A – это число штук с длиной Z_A

Z_A и Z_E – длина участков (Смотри рисунок)

Число штук длиной Z_A и Z_E

$$Z_A = \frac{hb}{d^2}; \quad Z_E = \frac{hb}{d^2};$$

Число штук Z_m с длиной Z_m

$$Z_m = \frac{Z_a - (Z_A + Z_E)}{Z_m} \cdot \frac{hb}{d^2};$$

Для $(Z_A + Z_E) < Z_m$

$$Z_m = \frac{Z_a}{Z_n} \cdot \frac{hb}{d^2}$$

Для $(Z_A + Z_E) > Z_m$

$$Z_m = \left(\frac{Z_a}{Z_m} - 1 \right) \cdot \frac{hb}{d^2}$$

Общее число штук $Z = Z_A + Z_E + Z_m$;

«Конечное влияние», выведенное из общего числа штук, рассчитывается следующим образом

$$Z_K = Z_A + Z_E = 2 \frac{hb}{d^2};$$

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

Влияние концов на длину получается из соотношения длины Z_A и Z_E в начале и конце стебля, подвергающегося измельчению к теоретической длине, т.е.

$$\frac{Z_A + Z_E}{Z_m}$$

$$\frac{Z_A + Z_E}{Z_m} < 1$$

Если отношение $\frac{Z_A + Z_E}{Z_m}$ мало, а отношение штук $\frac{Z_K}{Z}$ велико, тогда имеет место повышенное влияние при определении средней длины реза.

Если это отношение равно 2, тогда Z_A и Z_E совпадают с теоретической длиной.

Влияние значительно, когда $\frac{Z_A + Z_E}{Z_m} < 1$

Таким образом, средняя длина резки испытывает влияние от исходной длины Z_a и от штук с длиной Z_a и Z_e которые срезаются в начале и в конце.

Виды резания кормов

При резании материал разрушается в основном под действием давления вершины двухгранного угла рабочей части ножа, наз. лезвием. Сила давления; действующая со стороны ножа и способная возбудить процесс резания; наз. критической силой $P_{кр}$. Ее величина складывается непосредственно из силы резания P_p и сил трения $P_{тр}$, возникающих между материалом и боковыми гранями ножа.

Сила резания определяется следующим образом:

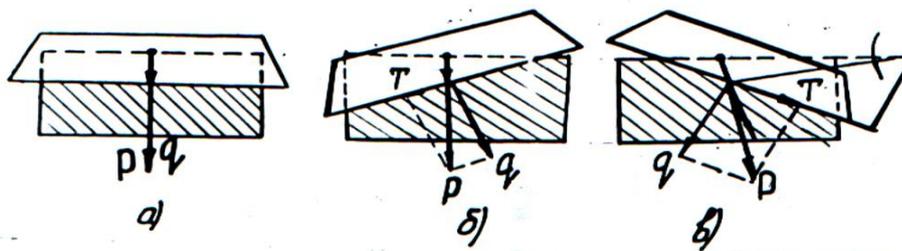
$$P_p = \delta \Delta S \sigma_p,$$

где δ - толщина лезвия; ΔS - длина активной части лезвия;

σ_p - нормальные (контактные) разрушающие напряжения, возникающие в перерезаемом материале.

Теория резания выделяет три вида резания:

- нормальное; наклонное и скользящее.



При нормальном резании (а) процесс выполнения под действием только нормальной силы N без бокового перемещения материала относительно лезвия. В этом

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

случае угол между направлением скорости ножа V_n и нормальной составляющей силы резания $P_p = N$ называемый углом скольжения τ , равен 0.

Резание под действием нормального давления без касательной силы и продольного перемещения, т.е. когда движение ножа происходит только в направлении нормального давления его лезвия. Это имеет место, когда материал способный к упругой или пластической деформации до разреза в период своего уплотнения перемещается при определённых условиях вместе с налегающим на него ножом, практически полностью разделяя его движение. Взаимного скольжения лезвия и материала при этом не наблюдается.

При наклонном резании кроме нормальной силы N действует также боковая сила T (в). Однако, она не может преодолеть силы трения и вызвать скользящее движение материала по лезвию, так как угол скольжения τ меньше угла трения φ :

$\tau < \varphi$. Резания производится только нормальным давлением, но за счет наклонной установки режущей кромки уменьшается потребляемое удельное давление. Это происходит вследствие уменьшения фактического угла заточки γ при перемещении косопоставленного клина и раз. кинематической трансформацией угла заточки.

Скользящее резание наблюдается, когда угол скольжения τ превышает угол трения, т.е. $\tau > \varphi$. Вследствие недостаточности сил сцепления - трения резание производится нормальным давлением с участием боковой силы, которая в этом случае обуславливает скользящее движение частиц материала вдоль режущей кромки ножа. При скользящем резании неровности лезвия ножа захватывают волокна материала и смещают их. При этом возникает напряжение растяжения или сдвига, для которых предел прочности значительно меньше, чем при деформации сжатием, вызываемым действием нормального давления ножа.

Для рабочего процесса измельчения материала ножевыми измельчителями основное значение имеют следующие параметры:

- нормальное давление ножа;
- боковое скользящее движение ножа;
- кинематическая трансформация угла заточки.

Количественные соотношения между этими параметрами характеризуются следующими коэффициентами:

- коэффициент скольжения ε , определяющий доли участия бокового скользящего движения в общем процессе резания:

$$\varepsilon = \operatorname{tg} \tau = \frac{V_t}{V_n}$$

где V_t - скорость приложения боковой силы T ;

V_n - скорость приложения нормальной силы N .

- коэффициент скользящего резания f' :

$$f' = \operatorname{tg} \varphi = \frac{T}{N},$$

где T - боковая сила;

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

N - нормальная сила.

- коэффициент кинематической трансформации угла заточки $K_{кт}$:

$$K_{кт} = \frac{\gamma - \gamma'}{\gamma},$$

где γ - угол заточки ножа (в сечении, нормальном к режущей кромки);

γ' - угол ножа в сечении под углом τ к режущей кромке.

Экспериментально установлено, что чем больше угол скольжения τ , тем меньшую величину нормального давления . Нужно приложить для начала процесса резания.

Защемление материала при резании

Увеличение угла скольжения τ ограничено условиями защемления материала в режущей паре "нож-противорежущая пластина". Рассмотрим условие, при котором будет обеспечено необходимое защемление материала.

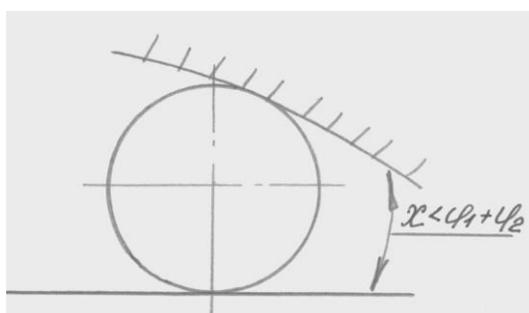
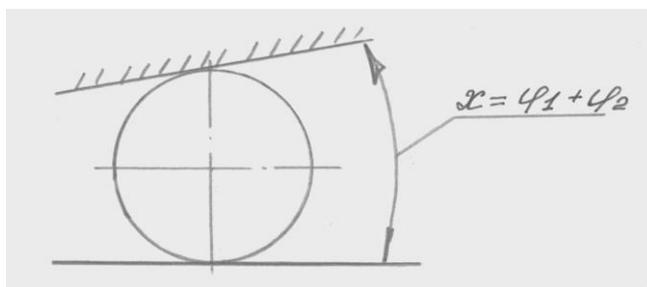
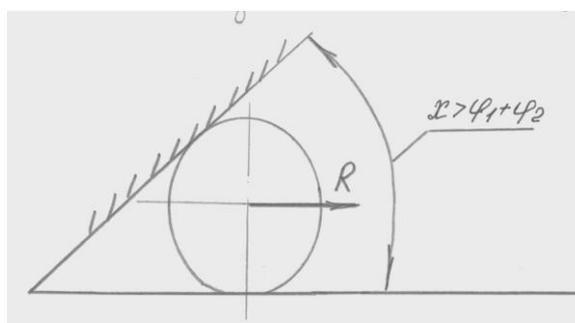


Рисунок 5. Виды резания материала.

1 - нож; 2 - материал; 3 - противорежущая пластина; χ - угол раствора - угол наклона к рабочей кромке противорежущей пластины.

На рис.5 угол раствора χ выбран так, что равнодействующая R сил N и T ($f' M$) оказалось перпендикулярной к биссектрисе угла χ . Поскольку выталкивание материала происходит по направлению биссектрисы угла χ , то в этом предельном случае выталкивания не будет, т.к. проекция силы R на биссектрису равна 0. При этом случае $\frac{\chi}{2} = \varphi \rightarrow \chi = 2\varphi$ называется предельно допустимым углом раствора, где φ - угол трения.

При увеличении угла χ проекция равнодействующей силы R на биссектрису уже не будет равна 0, а даст составляющую силу, направленную по биссектрисе и способствующую выталкиванию материала. Следовательно : при $\chi = 2\varphi$ угол раствора называется углом защемления материала.

$\chi \leq 2\varphi$ - условие защемления материала.

В режущей паре, выполненной из разных материалов, имеются 2 неодинаковых угла трения φ_1 и φ_2 , соответственно, лезвия ножа по материалу и материала по противорежущей пластине. В этом случае полное защемление материала наступает при условии: $\chi \leq 2\varphi_{\min}$

Экспер. установлено, что в χ дисковых измельчителях угол защемления

$\chi = 40-50^\circ$, а в барабанных $\chi = 24-30^\circ$.

ЛЕКЦИЯ №2

«Конструктивные параметры режущей пары измельчителя»

Как указывалось ранее, величина удельного давления резания зависит от прочностных свойств измельченного материала, значений угла скольжения и скорости резания. Кроме того существенное влияние на удельное давление резания оказывает конструктивные параметры режущей пары и ее техническое состояние в процессе эксплуатации.

Угол заточки γ называется угол, образованный фасками лезвия у его режущей кромки, измеряемой в нормальной к лезвию плоскости. Данный угол непосредственно влияет на сопротивление резанию, т.к. от него зависит величина составляющей сил трения материала о режущую кромку ножа. Для существующих измельчающих аппаратов $\gamma = 12-22^\circ$.

Острота лезвия δ_0 оценивается диаметром окружности ($\delta_0 = 2r = D$), вписанной в контур поперечного сечения кромки. Она является самостоятельным геометрическим параметром лезвия, не зависящим от угла заточки или коэффициента трения материала о фаски лезвия. При $\delta_0 = 20-40$ мкм острота лезвия считается достаточной. При затуплении ножа до $\delta_0 \geq 100$ мкм он подлежит последующей заточки.

Для восстановления первоначальной остроты необходимо заточным камнем снять на лезвии полосу шириной Δ , $\Delta = \frac{\delta_{\max}}{\operatorname{tg} \gamma}$.

При углах $\gamma = 12-22^\circ$ за одну заточку стачивается ширина ножа $\approx 250 \div 500$ мкм.

В дисковых измельчающих аппаратах заточку ножей производят, со скоростью, противоположной подаче материала, т.е. внутреннюю. Для ножей в барабанных аппаратах применяют внешнюю заточку - когда фаску по кромке снимают со стороны ножа, обращенной к противорежущей части, т.е. внешнюю. Внешняя заточка имеет некоторые преимущества перед внутренней, т.к. заточку можно осуществлять на собранном барабане и можно обеспечить более точный зазор между режущими лезвиями и противорежущей пластиной. Внешнюю заточку имеют барабаны измельчителей "Волгарь-5", "КДУ-2", "Тагун" и др.

Ножи изготавливают из инструментальной высококачественной стали У9, из марганцовистой стали 65Г, 70Г или напаянными пластинами из быстрорежущей стали Р9 и Р13. Рабочую часть лезвий на ширине 20-30 мм подвергают закалке до твердости HRC 50-55.

Затыловочный угол.

Заметное влияние на длину резки зеленой массы оказывает затыловочный угол γ (угол, образованный задней гранью ножа с вектором скорости V_n). Расчёты показывают что в случае выбора недостаточной величины этого угла длина резки силосной массы уменьшается на 10 % по сравнению с расчётной.

$$\gamma = \omega \Delta t - \operatorname{arctg} \frac{R(1 - \cos \omega \Delta t) - V_{cm} \Delta t}{R \sin \omega \Delta t}$$

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

где $\Delta t \approx \frac{l_{ab}}{V_H}$ проводилось измельчение на лабораторной установке.

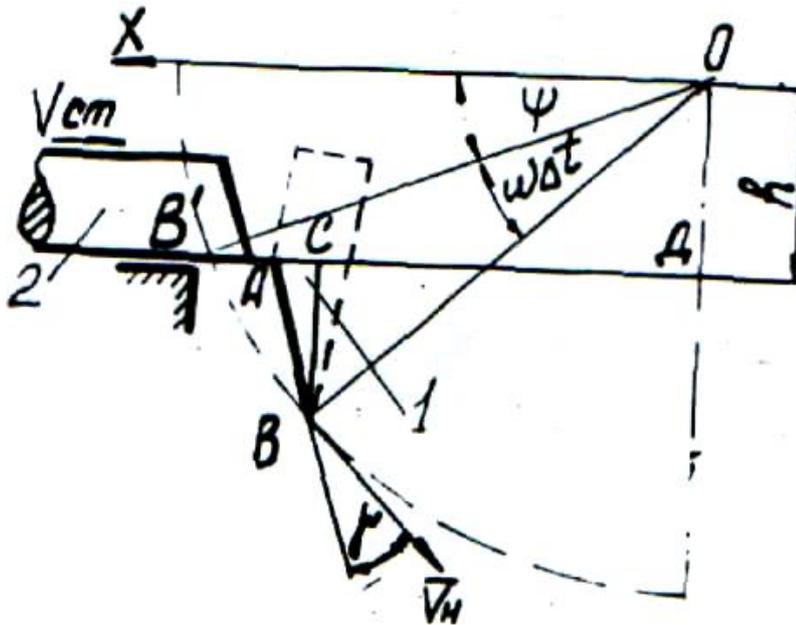


Рис.1 К определению затыловочного угла барабанного измельчителя

С учетом влияния отмеченных факторов теоретическую длину резки измельченной массы следует подсчитывать по формуле:

$$\Delta l = V_{cm} \left(\frac{1}{nk} - \frac{d_{cm} - l_{cp}}{V_H \cos \alpha} \right) \text{ при } h \geq 0$$

- где V_{cm} - линейная скорость подающего устройства измельчителя;
 n - число оборотов ножевого барабана в единицу времени;
 k - количество ножей;
 d_{cm} - диаметр стебля;
 l_{cp} - ширина фаски (боковой грани) ножа по направлению скорости V_H .

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

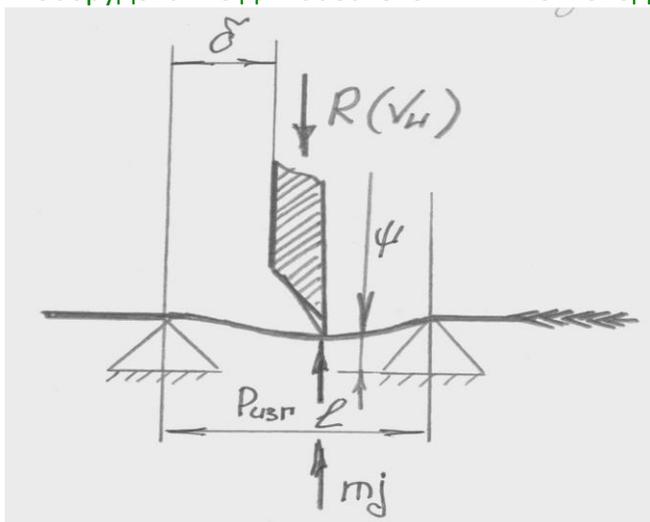


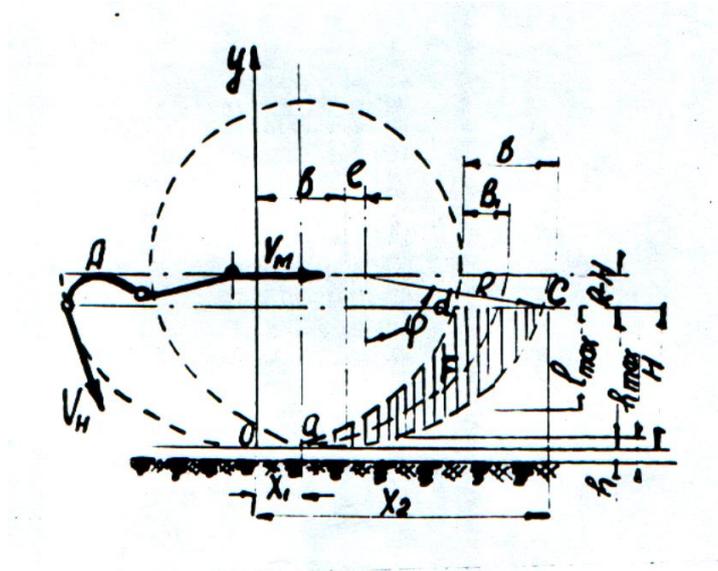
Рис 2. Процесс резания при двухпорной схеме.

Полученная формула учитывает только влияние затыловочного угла γ и угла постановки ножа α поэтому может быть только односторонне использована при расчёте резки барабанных измельчителей, без учёта ориентации стеблей.

Листостебельная масса, измельчаемая роторными измельчителями на корню характеризуется неравномерной длиной резки, обусловленной относительной траекторией режущих элементов,

Режущий элемент участвует в сложном движении: собственном направлении вокруг оси с со скоростью V_H и поступательной скорости машины.

Траектория движения лезвия представляет из себя кривую –трохоиду.



$$l_{cp} = \frac{F}{x_2 - x_1}$$

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

где F - вертикальная площадка очерченная ножом за два последовательных прохода, ограниченная двумя отрезками трахоид ad и oc и сверху линией dc высоты стеблестоя;

x_1 - абсцисса начала резания лезвия;

x_2 - абсцисса конца резания

Приближенно $F \approx bh$ абсцисса $x_1 = \frac{1}{2}b$ и $x_2 = b + l + \sqrt{R^2 - (R - H)^2}$

$$x_2 = b + l + \sqrt{2RH - H^2}; \quad b = 60 \frac{V_m}{n} \text{ (м)}$$

где b – путь, пройденный ротором за один оборот;

R – радиус ротора по лезвиям режущих элементов;

V_M – скорость движения машины в м/сек;

n – число оборотов в мин.

$$l = \frac{\varphi}{2\pi} b;$$

$$\cos \varphi = \frac{R}{R - H};$$

$$0 \leq \varphi \leq \frac{\pi}{2};$$

$$\varphi = \arccos \frac{R - H}{R};$$

$$x_2 = b + \frac{b}{2\pi} \arccos \frac{R - H}{R} + \sqrt{2RH - H^2};$$

Подставляя в выражение значения F , x_1 , x_2 получим

$$l_{cp} = \frac{Hb}{\frac{1}{2}b + \frac{b}{2\pi} \arccos \frac{R - H}{R} + \sqrt{2RH - H^2}}$$

В этой формуле переменной является величина b , зависящая от соотношения скорости V_m движения машины и числа оборотов ротора. На среднюю длину резки влияет величина стеблестоя $H+h$, так как 40 % стеблей перерезаются ножом 1 раз. Высоту h устанавливают в зависимости от рельефа почвы.

В некоторых технологических процессах, связанных с уплотнением измельченной массы, ее механическим отжимом, запариванием, сушкой качество резки зависит от степени расщепления волокон и суммарной площади поверхности частиц больше чем от длины резки. В этом случае для оценки степени измельчения используется показатель, характеризуемый отношением насыпной плотности материала после и до измельчения.

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

На практике качество измельчения резкой наиболее часто оценивается по среднеарифметическому линейному размеру частиц, а однородность сечки по среднеквадратичному отклонению и коэффициенту вариации (лабораторная работа).

Среднеквадратичное отклонение σ

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (l_i - \bar{l})^2}{N - 1}}$$

Коэффициент вариации:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{l}} \times 100\% .$$

$$\text{где } \bar{l} = \frac{\sum_{i=1}^N l_i}{N} - \text{средняя длина резки.}$$

N - численность выборки генеральной совокупности.

Объем выборки уточняется по показателю точности c_s :

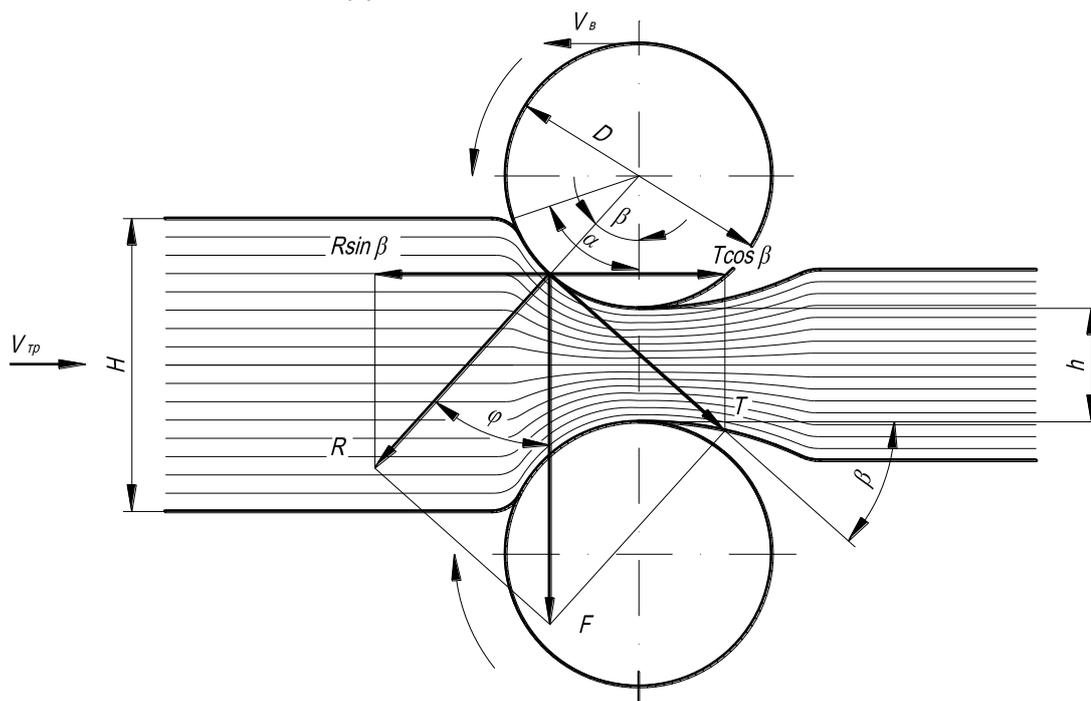
$$c_s = \frac{V}{\sqrt{N}}$$

$c_s < 5\%$, в противном случае для получения достоверных статистических данных объем выборки необходимо увеличить.

Подача материала на измельчение.

Подача материала на измельчение осуществляется питающим аппаратом, назначение которого состоит в непрерывном уплотнении и продвижении массы в зону действия режущей пары. Кроме того питающий аппарат способствует равномерному распределению продукта по ширине барабана и удержанию массы от затягивания в зазор режущей пары.

Наиболее часто уплотнение и подача материала осуществляется с помощью валцов установленных один под другим в вертикальной плоскости и вращающихся навстречу друг друга (рис.) рассмотрим условия протягивания слоя стеблей гладкими валцами. Пусть 2 гладких валца (рис.) диаметром D , установленных с зазором h , вращаются навстречу друг другу с угловой скоростью ω . При этом верхний валец находится под действием силы сжатия P пружины.



Сиду сжатия пружины \underline{P} разложим на две составляющие радиальную $N = \underline{P} / \cos \alpha$ и горизонтальную $S = \underline{P} \operatorname{tg} \alpha$, воспринимаемую опорой, где α - угол приложения радиальной составляющей силы P (угол клина). Сила N вызывает на окружности вальца силу трения $F = fN$. Из рис. видно, что вертикальные составляющие сил N и F уплотняют слой от начальной толщины H до величины h .

Для затягивания слоя в зазор между вальцами необходимо, чтобы равнодействующая горизонтальных составляющих была направлена в сторону вращения вальцов, т.е.

$$fN \cos \alpha > N \sin \alpha, f > \operatorname{tg} \alpha; \operatorname{tg} \varphi > \operatorname{tg} \alpha, \varphi > \alpha \quad (1)$$

где α - угол приложения радиальной силы N , называется углом клина. Следовательно: угол трения φ должен быть больше угла клина α - приложения радиальной силы N : $\varphi > \alpha$.

Диаметр вальцов зависит от соотношения толщины слоя на входе и выходе из зазора.

Из рис. с учетом $\Delta a O c$ имеем:

$$\frac{H - h}{2} = \frac{D}{2} - \frac{D}{2} \cos \alpha$$

$$\text{или } H - h = D(1 - \cos \alpha)$$

$$\text{или } D = \frac{H - h}{1 - \cos \alpha} \quad (2)$$

$$\text{Если заменить } \cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}},$$

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

Тогда получим из (2):

$$D = \frac{H - h}{1 - \cos \alpha} = \frac{H - h}{1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi}}}$$

С учетом (1)

$$D \geq \frac{H - h}{1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi}}} \quad (3)$$

Данное соотношение (3) связывает геометрические параметры пищевого аппарата с физико-механическими свойствами материала в виде угла трения φ . Выражение (3) может быть использовано только для ориентировочных расчетов вальцов. На практике вальцы снабжают специальными рифами для обеспечения надежного их сцепления со слоем массы. Диаметр вальцов обычно принимают в пределах 150-300 мм [по ф-ле (3) ≈ 780 мм].

Окружная скорость вальца $V_в$ должна обеспечить надежное затягивание массы, поступающей с питающего транспортера со скоростью V_{mp} . От соотношения скоростей $V_в$ и V_{mp} и толщины слоя массы зависит поведение массы в зоне контакта с вальцами - точка а (отталкивание или затягивание в вальцы). Экспериментально установлено, что устойчивая передача массы с транспортера на нижний валец и предотвращение затаскивания массы в щель между транспортером и вальцом обеспечивается при $V_в/V_{mp} = 1,25 \div 1,35$. $V_в$ - окружная скорость вальца.

ЛЕКЦИЯ №3

КОНСТРУКТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕЙ.

РАСЧЕТ БАРАБАННОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ.

Как указывалось ранее, величина удельного давления резания зависит от прочностных свойств измельченного материала, значений угла скольжения и скорости резания. Кроме того, существенное влияние на удельное давление резания оказывает конструктивные параметры режущей пары и ее техническое состояние в процессе эксплуатации.

К конструктивным параметрам режущей пары относятся: нож; противорежущая пластина.

Конструктивно измельчающий барабан выполняется так, чтобы число ножей изменялось от минимального до максимального количества в зависимости от требуемой длины резки.

По форме ножи барабанных измельчителей могут быть винтообразными и плоскими. Разработана конструкция швыряющих винтообразных ножей с Г-образной или Z-образной формой в поперечном сечении и винтообразной формой в продольном сечении. Более часто применяются плоские швыряющие ножи, снабженные специальными швыряющими подножевыми балками.

Для определения радиуса R_b рассмотрим развертку ножевого барабана. Спиральное лезвие ножа представляется прямой линией, наклонной к образующей цилиндра, описываемого этим лезвием, под углом раствора χ . В ножевом барабане угол скольжения τ равен углу раствора χ , $\tau = \chi = 24...30^\circ$.

Рабочий процесс за проход одного ножа характеризуется тем, что нагруженный участок лезвия ΔS изменяет свое значение: от точки 1 до точки 2 он возрастает, затем до точки 3 сохраняет свое максимальное значение и далее убывает до 0. Характер изменения длины нагруженного участка графически можно представить в виде равнобедренной трапеции.

Изменение длины нагруженного участка вызывает пропорциональное ему изменение суммарного сопротивления резанию. Чтобы выравнить нагрузку на вал ножи на развертке барабана ножа размещают с перекрытием, равным толщине слоя a (= высоте горловины a).

Производительность измельчающего барабана

Теоретическая производительность Q_t измельчающего барабана определяется исходя из заданной расчетной длины резки l_p и максимально допустимой толщины подаваемого в барабан слоя массы a_{\max} :

$$Q_m = a_{\max} v l_p \rho_c z n_s,$$

где $v = L_s$ - ширина питающей горловины, равная длине барабана;

ρ_c - плотность сжатого вальцами материала;

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

z - число ножей на барабане;

n_{δ} - частота вращения барабана.

По результатам проведенных исследований значения плотности слоя ρ_c равны:

- для соломы $\rho_c = 120-160 \text{ кг/м}^3$;

- для зеленой массы $\rho_c = 350-500 \text{ кг/м}^3$.

Фактическая производительность составляет 50-70% от теоретической пропускной способности:

$$Q_n = (0,5 \div 0,7) Q_m$$

Ориентировочная скорость подачи уплотненного слоя в измельчающей аппарат можно определить по формуле:

$$V_c = \frac{Q_m}{a \times b \times \rho_c}$$

Энергоемкость процесса измельчения

Усилие и момент резания

Аналитические зависимости для расчета полного усилия резания $P_{рез}$ и момента резания $M_{рез}$ согласно академику Горячкину В. П. имеют вид:

$$P_{рез} = q_0 \Delta S \cos \tau (1 + f' \operatorname{tg} \tau)$$

$$M_{рез} = P_{рез} \cdot R_b$$

где q_0 - удельное сопротивление резанию;

ΔS - длина активной части лезвия;

f' - коэффициент скользящего резания, $f' = \operatorname{tg} \varphi$

τ - угол скольжения, $\varepsilon = \operatorname{tg} \tau =$

R_b – радиус барабана.

В данных соотношениях все величины за исключением ΔS являются постоянными. Поэтому анализ изменения величин $P_{рез}$ и $M_{рез}$ сводится к анализу изменения величины ΔS (длина активной части лезвия) в зависимости от угла поворота барабана.

Эффективность и энергоемкость измельчающего оборудования.

Эффективность измельчающего оборудования \mathcal{E}_ϕ выражается в количестве готового продукта на 1 кВт.ч израсходованной энергии:

$$\mathcal{E}_\phi = \frac{Q}{N}$$

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

Q - производительность, т/ч.

N - установленная мощность, кВт.

Удельным расходом энергии называется величина, обратная эффективности, $\frac{\text{кВт}}{\text{т/ч}}$.

При изучении рабочего процесса измельчителей и выборе оптимальных режимов их работы затраты энергии на 1 т корма Э определяются по формуле:

$$\text{Э} = \frac{N_n}{Q \times \lambda}; \quad \frac{\text{кВт}}{\text{т/ч}}; \quad \text{где } N_n \text{ - полезная мощность, т.е. установленная мощность за вычетом потерь холостого хода, кВт};$$

Q - производительность, т/ч; λ - достигнутая степень измельчения материала.

Расчет основных параметров дисковых измельчающих аппаратов.

Измельчающий аппарат с прямолинейным лезвием

Измельчающий аппарат с расположенными радиально прямолинейными ножами относится к плосковращательным аппаратам нормального резания (резания без скольжения - рубка), такой аппарат характеризуется наиболее высоким усилием резания, что приводит к высоким энергозатратам. χ

Резание со скольжением прямолинейным ножом возможно при наличии угла скольжения τ. Это достигается смещением режущей кромки лезвия относительно оси вращения на некоторое расстояние p (называется вылет ножа).

Исследуя различные схемы режущих аппаратов соломосилосорезок Горячкин В. П. установил, что на режимы резания влияют следующие основные конструктивные размеры: высота a и ширина в горловины; расстояние h от оси вращения до противорежущей пластины; расстояние с от оси вращения до горловины по горизонтали; вылет p ножа. При выбранных размерах решающее значение имеет геометрическая форма лезвия ножа, от которой зависят основные параметры режимов резания: угол скольжения τ, угол раствора χ, угол зещемления X защ, текущий угол θ радиус - вектора r, угол поворота диска φ, расстояния до рассматриваемой точки m от оси вращения u и от перпендикуляра, опущенного из центра вращения на продолжение лезвия V.

Расположения горловины или противорежущей пластины необходимо выбрать ниже оси вращения ножей.

$$h = \text{Const}; h \approx 0,5 p \text{ или } h = 0,6 c.$$

Размеры горловины выбирают с учетом заданной производительности и допустимого диаметра маховика машины. По данным ВИСХОМ: ширина в = 300 ÷ 500 мм; высота a = 100 – 300 мм.

Окружную скорость Vн = ωR любой точки лезвия при вращении ножа можно разложить на нормальную Vп и тангенциальную Vm:

$$V_n = \omega r \cos \tau = v \omega$$

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

$$V_t = \omega r \sin \tau = \omega p = \text{const}$$

Нормальная составляющая скорости V_n изменяется по прямолинейному закону.

Тангенциальная скорость $v_t = \text{const}$, т.к. $p = \text{const}$. Зависимость коэффициента скольжения ножа в функции ν : представляет собой равностороннюю гиперболу.

Измельчающий аппарат с криволинейным лезвием коэффициент скольжения ножа.

Проведенный анализ показывает, что за период перерезания слоя ε уменьшается, а угол заточки ножа возрастает вследствие кинематической трансформации, что создает крайне неблагоприятные условия для резания материала. Для устранения этого недостатка применяют криволинейные ножи, у которых с ростом радиус-вектора r увеличивается угол τ .

Следует отметить достаточно широкое использование прямолинейных ножей. Это объясняется простотой регулирования зазора между лезвием ножа и противорезающей пластиной, простотой изготовления, монтажа и заточки ножа. К недостаткам конструкции следует отнести невозможность обеспечения .

Определение формы, эксцентриситета и угла скольжения у аппарата с криволинейным лезвием.

Исследованиями установлено, что оптимальной формой кривой для лезвия является архимедова спираль. Наилучшие условия резания (угол скольжения τ возрастает угол заземления χ - в оптимальных пределах, крутящий момент на валу диска минимальный) получаются, если лезвия ножа построены по дуге эксцентрической окружности. Такая форма ножа принята основной для дисковых измельчителей.

Рассмотрим схему дискового измельчающего аппарата с кривым лезвием, выполненным в форме дуги эксцентрической окружности. Возьмем две эксцентрично расположенные окружности с радиусами R_0 и $R_0 + e$.

Часть окружности с радиусом $R_0 + e$ образует лезвие ножа. При перемещении по часовой стрелки дуга $c'd'$ захватит кольцо, образованное двумя окружностями: радиусом $R_0 + e$ с наружной стороны и радиусом $R_0 - e$ с внутренней стороны. Очевидно, что для перерезания слоя стеблей горловину можно расположить только между двумя окружностями, т.е. внутри кольца шириной $2e$.

Основное уравнение окружности с радиусом R_0 и эксцентриситетом e имеет вид:

$$R_0^2 = e^2 + r^2 - 2er \cos \theta,$$

где r - радиус-вектор, θ - угол между линией, соединяющий центры OO , и направлением радиус-вектора.

Угол скольжения τ равен:

$$\text{tg } \tau = \frac{e \cos \theta + r}{e \sin \theta}$$

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

Основным конструктивным параметром схемы дискового измельчающего аппарата с криволинейным лезвием в форме дуги эксцентрической окружности является отношение эксцентриситета e к радиусу R_o , которое принимается равным 0,7-0,8.

$$e / R_o = 0,7 \div 0,8.$$

Оптимальные параметры схемы рекомендуется выбирать близким к следующим соотношениям:

$$c > R_o - e ; v \leq 2e ; h < c.$$

Энергоемкость дисковых измельчителей.

Существенным недостатком дисковых измельчающих аппаратов является неравномерность момента силы резания. Составим уравнение моментов составляющих силы резания относительно оси вращения диска:

$$M_{рез} = N \cdot r \cdot \cos \tau + T \cdot r \cdot \sin \tau$$

Учитывая, что $T = fN$ и $N = q_o \Delta S$, после q_o - удельное сопротивление резанию проведения преобразований получим:

$$M_{рез} = q_o \Delta S \cdot r \cos \tau (1 + f \operatorname{tg} \tau)$$

Мощность, потребляемая на рабочий процесс резания:

$$N_{рез} = M_{рез} \cdot \omega = q_o \Delta S \omega r \cos \tau (1 + f \operatorname{tg} \tau)$$

Так как $\omega r \cos \tau = V_n$,

$$\text{то } N_{рез} = q_o \Delta S V_n (1 + f \operatorname{tg} \tau)$$

В данном уравнении $\Delta S V_n$ представляет собой площадь разреза слоя в единицу времени $\frac{dF}{dt}$.

$A_{y\partial}$ зависит от удельного давления q_o и от сочетания основных параметров процесса резания: коэффициента скольжения τ и коэффициента скользящего резания f' .

При резании "рубкой" ($\tau = 0$) $A_{y\partial}$ равна величине удельного давления q_o (н м/м²). При резании со скольжением по мере увеличения $\operatorname{tg} \tau$ величина $A_{y\partial}$ также возрастает, а удельное давление q_o уменьшается.

Минимальные энергозатраты процесса резания при $\tau = 20-60^\circ$.

При обосновании размеров маховика необходимо учитывать величину запаса кинематической энергии, достаточную для преодоления сопротивления слоя материала. Этот запас энергии должен быть численно равен избыточной работе $A_{изб}$:

$$A_{изб} = \frac{Y \omega_{\max}^2}{2} - \frac{Y \omega_{\min}^2}{2} = Y \omega_{cp}^2 \delta_M, \quad (A)$$

где Y - момент инерции вращения масс;

ω_{\max} , ω_{\min} - максимальная и минимальная угловые скорости;

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

ω_{cp} - средняя угловая скорость.

$$\delta_M = \frac{\omega_{max} - \omega_{min}}{\omega_{cp}} - \text{степень неравномерности вращения.}$$

Для соломорезок $\delta_M = 3-7\%$ (0,03-0,07)

При заданной степени неравномерности вращения δ_M момент инерции Y равен (из А):

$$Y = \frac{A_{узб}}{\omega_{cp}^2 \delta_M}$$

Чтобы двигатель не испытывал перегрузок и рабочий процесс был устойчивым, вращающий момент M_{ep} равняется:

$$M_{ep} = Y \frac{d\omega}{dt},$$

где $\frac{d\omega}{dt}$ - угловое ускорение вала.

Для дисковых измельчителей $\frac{d\omega}{dt} = 10-30c^{-2}$.

При расчете потребной мощности двигателя на привод измельчителя необходимо учесть энергию на уплотнение и подачу слоя питающим аппаратом, на преодоление вредных сопротивлений в опорах и передаточном механизме.

Полный вращающий момент M_{ep} :

$$M_{ep} = M_{рез.ср} + M_{под} + M_{хх} ,$$

где $M_{рез.ср}$ - среднее значение момента резания;

$M_{под}$ - момент на валу диска, обусловленный сопротивлением механизма подачи;

$M_{хх}$ - момент от сопротивлений холостого хода машины.

Практикой установлено, что соотношение данных моментов равняется:

$$M_{рез.ср} : M_{под} : M_{хх} = 3 : 1 : 1$$

Следовательно Потребная мощность двигателя $N_{де}$.

$$N_{де} = M_{ep} \cdot \omega$$

ЛЕКЦИЯ №4

«Измельчение кормовых материалов дроблением»

Под дроблением понимают процесс разделения вещества на отдельные частицы различных размеров с образованием новых поверхностей на молотковых и штифтовых дробилках (мельницах) вальцовых станках и других оборудований.

Общие требования предъявляемые к дробильным машинам.

К дробильным машинам предъявляются следующие требования:

- универсальное, т.е. удовлетворительное измельчение наибольшего количества видов кормов (зерно злаковых, крупяных и бобовых культур, кукуруза, соломо, сено, соль, мел, гранулы МТ, отруби, мясо-молочные и рыбные, мука, дрожжи, шрот, жмых и др).

- малое количество пылевидного продукта;

- измельчение продуктов повышенной влажности (18-20%) должно выполняться без нарушения качества и снижения производительности;

- измельчение с минимальным нагревом;

- минимум уд. энергозатрат и трудозатрат;

- машина должна быть надежной, простой по конструкции и в эксплуатации, отвечать требованиям техники безопасности.

Дробление кормов может быть произведено следующими способами:

- 1) ломанием или крошением;
- 2) растиранием или размолотом;
- 3) расплющиванием или раздавливанием
- 4) разбиванием при свободном ударе.

К машинам, работающим по принципу ломания или крошения, относится жмыходробилка. Сущность процесса в этом случае сводится к тому, что продукт m (фиг. 2, а), закладываемый между двумя зубчатыми поверхностями $л_1$ и $л_2$, разрушается под действием сил P_1 и P_2 , т. е. разламывается на части. Тот же результат может быть получен, если продукт расположить на краю гладкой поверхности и сверху с силой P давить зубом зубчатой поверхности (фиг. 2, б), в результате чего будет происходить скалывание частиц продукта.

К машинам, работающим по принципу растирания или размола, относятся вальцовые зернодробилки, мельничные зерновые поставы и кукурузные дробилки. В этих машинах зерно m (фиг. 2, в) попадает между двумя рифлеными поверхностями $л_1$ и $л_2$, подвергается сдавливанию силами P_1 и P_2 и одновременно подвергается перетиранию в результате движения одной поверхности относительно другой. Для увеличения действия растирания зерна величины сил P_1 и P_2 регулируют специальным приспособлением. Необходимая величина коэффициента трения достигается при помощи специальных рифов на вальцах дробилок, а также подбором более острозернистого камня для жерновов мельниц. Машины, работающие поэтому принципу, применяют главным образом для размола зерновых кормов. Однако сырое или маслянистое зерно они обрабатывают плохо, так как происходит быстрое залипание рифлей.

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

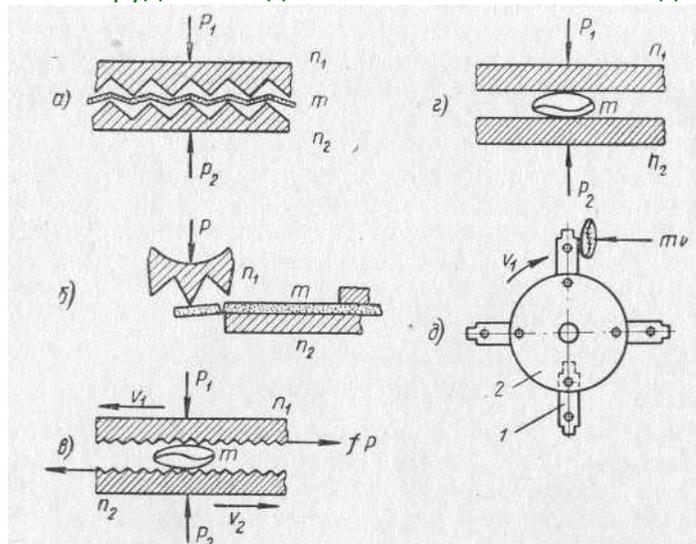


Рисунок 1.

К машинам, работающим по принципу расплющивания или раздавливания, относятся вальцовые зерноплющилки. Сущность процесса при этом принципе заключается в том, что зерно, попадая между двумя гладкими поверхностями n_1 и n_2 , расплющивается под действием сил P_1 и P_2 (Рис. 1, а). Процесс плющения одинаково обеспечивается как при сыром, так и при маслянистом зерне, так как гладкие поверхности валцов в процессе работы легко очищаются скребками от прилипших частиц.

К машинам, работающим по принципу разбивания свободным ударом, относятся молотковые дробилки. Сущность процесса заключается в том, что молоточки 1 (Рис. 1, б), шарнирно закрепленные на диске 2, вращаясь с большой скоростью $t > i$, ударяют по зерну, встречающемуся на пути, и разбивают его налету на части.

В зависимости от технологического процесса обработки концентрированных кормов для кормления животных различных видов, а также от общих условий организации обработки продукта в кормоцехе к машинам, производящим в том или ином виде измельчение кормов, предъявляются следующие **основные требования**:

1. Машина должна быть универсальной, т. е. производить измельчение с любой степенью дробления как зерновых, так и других видов концентрированных кормов: жмыха, брикетированных комбикормов, кукурузы в початках и др.

2. При работе машина не должна давать большого количества пылевидного продукта.

3. Измельчение зерновых продуктов влажностью до 18—20% должно обеспечиваться машиной без нарушения качества ее работы, без значительного отклонения от нормальной производительности.

4. Действие рабочих органов не должно сопровождаться излишним нагреванием продукта.

5. Приводной механизм машины должен обеспечивать высокие рабочие скорости движущихся органов машины и возможность работы от электродвигателя при сравнительно невысоком удельном расходе мощности.

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

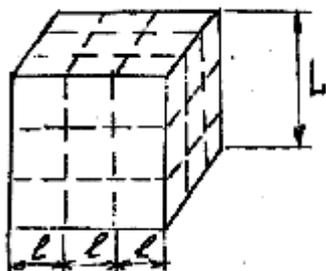
6. Машина должна быть проста по устройству и в эксплуатации, безотказна в действии и иметь высокую производительность. Рабочие органы должны быть износостойкими.

Основы теории измельчения.

Как указывалось, измельчение предусматривает разделение твердого тела на части. При этом образуются новые поверхности

Пусть имеется кубическая частица с размером ребра L. Ее общая поверхность составляет:

$$S = 6 \cdot L^2$$



Если эту частицу измельчить таким образом, что получится n одинаковых кубиков, тогда длина ребра каждого из них составит

$$l = L / \sqrt[3]{n}$$

Площадь поверхности каждого кубика будет

$$S = 6 \cdot l^2 = \frac{6L^2}{(\sqrt[3]{n})^2}$$

а всех n кубиков

$$\sum_1^n S = S \cdot n = \frac{6L^2}{(\sqrt[3]{n})^2} = 6 \cdot L^2 \sqrt[3]{n}$$

Сравнивая площадь кубика до дробления с суммарной площадью кубиков после дробления, можно написать.

$$\sum S = S \sqrt[3]{n} = \frac{L}{l} S ,$$

т.е. на сколько частей будет разделено ребро кубика, во столько же раз возрастет суммарная поверхность частиц.

Оценку развитости поверхности сыпучих материалов производят величиной удельной поверхности — отношением суммарной поверхности всех частиц к их массе или объему

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

$$S_{уд} = \frac{\sum S}{M} = \frac{\sum S}{V}.$$

Например, для куба

$$S_{уд} = \frac{6L^2}{L^3} = \frac{6}{L}, \text{ м}^{-1}.$$

Крупность частиц того или иного кормового материала обуславливается зоотехническими требованиями. Для оценки затрат энергии, требуемой для перевода частиц от исходной крупности к заданной, необходимо знать степень измельчения, которая представляет собой отношение среднего размера частиц до измельчения (L или D) к среднему размеру частиц после измельчения (l или d)

$$\lambda = \frac{L}{l} = \frac{D}{d}.$$

Степень измельчения можно выразить через удельную поверхность частиц. Учитывая, что $L=6/S_{уд}$ и $l=6/s_{уд}$, можно написать

$$\lambda = \frac{S_{уд}}{s_{уд}}.$$

Процесс измельчения часто характеризуется также приращением удельной поверхности частиц:

$$\Delta S_{уд} = s_{уд} - S_{уд}.$$

Еще в прошлом веке были предложены две энергетические теории измельчения: поверхностная и объемная. В соответствии с поверхностной теорией измельчения, которую предложил немецкий ученый П. Риттингер (1867 г.), работа измельчения прямо пропорциональна вновь образованной поверхности:

$$A_s = f(\Delta S_{уд}) = \alpha \Delta S_{уд},$$

где α — коэффициент пропорциональности, учитывающий величину энергии молекулярного сцепления твердого тела.

Экспериментальные исследования показали, что поверхностная теория измельчения применима лишь при тонком измельчении. Для грубого измельчения русский ученый В.Л. Кирпичев (1874 г.) и немецкий ученый Ф. Кик (1885 г.) предложили объемную теорию измельчения, согласно которой работа измельчения прямо пропорциональна объему деформированной части тела

$$A_v = f(\Delta V) = k \Delta V,$$

где k — коэффициент пропорциональности;

V — объем деформированной части тела.

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

Поскольку при измельчении могут получаться крупные и мелкие частицы, П.А. Ребиндер в 1928 г. предложил объединить обе теории в одну и рассматривать общую работу как сумму работ на образование новых поверхностей и деформацию, части объема тела

$$A = A_s + A_v = \alpha \Delta S_{уд} + k \Delta V .$$

Анализируя приведенные зависимости, нетрудно убедиться, что для практического использования они малоприменимы. С одной стороны, тяжело определить численные значения приращения поверхности и объема деформированной части тела, с другой — неизвестны коэффициенты α и k .

В 1952 г. С.В. Мельников предложил приближенную формулу для количественных расчетов работы измельчения в зависимости от степени измельчения:

$$A = C_1 \cdot \lg \lambda^3 + C_2 (\lambda - 1),$$

где C_1 и C_2 — коэффициенты, учитывающие удельные затраты энергии на измельчение и имеющие размерность удельной работы (Дж/ кг), определяются опытным путем. Например, для ячменя $C_1 = (10...13) \cdot 10^3$ Дж/ кг, $C_2 = (6...9) \cdot 10^3$ Дж/ кг.

Как мы уже говорили, при измельчении получают частицы различного размера и тем более формы. Чтобы каким-то образом упорядочить размер и форму частиц для возможности дальнейших расчетов, принято приводить частицы неправильной формы к шару. При этом его диаметр определяется из фактического объема частицы неправильной формы. Определение объема частицы производят путем погружения отсчитанного их количества в мензурку с жидкостью, имеющий малый коэффициент поверхностного натяжения (керосин, ксилол, толуол и т.п.). Объем частицы определяется делением полученного общего объема на количество частиц в пробе.

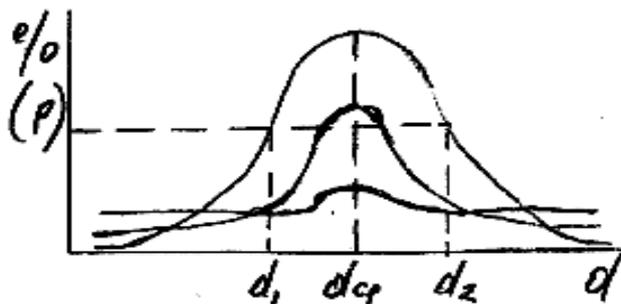
$$V_r = \frac{V_{об}}{n} .$$

Тогда эквивалентный по объему диаметр частицы:

$$D_v = \sqrt[3]{\frac{6V_r}{\pi}} = 1,26 \sqrt[3]{V_r} .$$

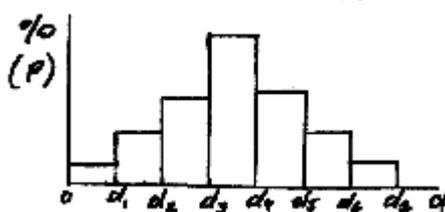
Было бы неправильным для определения эквивалентного диаметра брать частицы резко отличающихся размеров. А какие именно нужно брать?

В любом случае в массе измельченного материала размеры частиц подчиняются закону нормального распределения (закон Пуассона).



Этот график показывает, какой процент (или относительное количество) частиц имеет тот или иной размер. В любом случае частиц малого и большого размеров (диаметра) бывает меньше, чем среднего.

В зависимости от измельчающего рабочего органа кривая Пуассона может быть с высоким пиком или приплюснутая. Как оценить, каких частиц в массе материала больше? Для этого существуют различные методы определения среднего размера частиц: арифметический, геометрический, логарифмический, интегральный, взвешенный. Каждый из методов применим в определенных конкретных ситуациях. Для практических условий наиболее пригоден метод определения средневзвешенного размера частиц. Это упрощенный среднеинтегральный метод. Если взять площадь под кривой и разделить на 100 % или P, получим среднеинтегральный размер частиц. Но получить такую кривую сложно, да и обрабатывать ее трудоемко. Проще определить, сколько частиц данного размера находится в общей массе. Тогда получится гистограмма.



По сути она описывается кривой нормального распределения, но получить ее и обработать значительно проще.

Берут навеску разноразмерного материала и просеивают ее на ситах с разным размером ячеек. Размер частиц от 0 до d1 — проход через последнее сито, размер от d1 до d2 — остаток на последнем сите и т.д.

Размеры частиц остатка на первом сите обычно принимают равными:

$$\frac{d_n + d_n \cdot m}{2},$$

где m — модуль сита — число, показывающее, насколько размер ячеек одного сита отличается от другого.

Как видно из гистограммы, средневзвешенный размер частиц можно определить по формуле:

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

$$d_{\text{ср.вз.}} = \frac{\frac{0 + d_1}{2} P_0 + \frac{d_1 + d_2}{2} P_1 + \dots + \frac{d_n + d_{n+1}}{2} P_n}{\sum P_n} .$$

Для зерновых кормов средневзвешенный размер частиц называется модулем помола.

В лабораторных анализах используют ситовой классификатор с набором из 10...12 сит с модулем $m = 1,41$ В производственных условиях используют классификатор из трех сит с размером ячеек 1, 2 и 3 мм. Тогда модуль помола:

$$M = d_{\text{ср.вз.}} = \frac{0,5P_0 + 1,5P_1 + 2,5P_2 + 3,5P_3}{100} \text{ мм,}$$

где P_0, P_1, P_2, P_3 — процентное содержание фракций.

Для комбикормов принято считать $M = 0,2...1$ мм — мелкий помол, $M = 1...1,8$ — средний, $M = 1,8...2,6$ — крупный помол.

Средний диаметр частиц при дроблении кормов

При дроблении кормов дробилками качество измельчения - дробления оценивается по гранулометрическому составу и средневзвешенному размеру частиц.

Однородность всей массы измельченного материала оценивается по содержанию в ней фракции классов определенного с размеров.

Гранулометрический состав и средневзвешенный размер определяется анализом.

Средневзвешенный диаметр частиц наз. модулем помола M и вычисляется по ф-ле:

$$M = \sum d_i p_i / 100 = (d_1 p_1 + d_2 p_2 + \dots + d_i p_i) / 100,$$

где d_i - средний размер отверстий 2 смежных сит, мм

p_i - массовый выход класса, 2 при массе исходной пробы 100г, $\sum p_i = 100$.

Различают: тонкий помол - $M = 0,2 : 1$ мм;

средний помол - $M = 1,0 - 1,8$ мм;

крупный помол - $M = 1,8 - 2,6$ мм.

Удельная площадь поверхности частиц

Другим показателем качества измельченного продукта является удельная площадь поверхности частиц. По найденным средним размерам (например, среднему диаметру) можно рассчитать удельную площадь поверхности измельченного продукта. Данная площадь является количественной мерой дисперсности сыпучих материалов, т.е. развитости суммарной поверхности частиц.

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

Удельной площадью поверхности называют суммарную площадь поверхности всех частиц, содержащихся в единице объема $S_{уд.об.}$ m^{-1} или массы $S_{уд.м.}$ (m^2/kg) удельная площадь поверхности:

Объемная удельная площадь поверхности:

$$S_{уд.об.} = \frac{6}{d}, \quad m^{-1} = S_{уд.м.} = \frac{6}{d}, \quad m^{-1}$$

Массовая удельная площадь поверхности:

$$S_{уд.м.} = \frac{6}{d\rho}, \quad S_{уд.м.} = \frac{6}{d\rho}, \quad \left[\frac{m^2}{kg} \right]$$

где d - средний размер частиц,

ρ - плотность частиц.

ЛЕКЦИЯ №5

«Типы дробильных барабанов молотильных дробилок»

В кормопроизводстве наиболее распространение получили измельчители ударного действия - молотковые дробилки. Их преимущество - простота конструкции, высокая надежность, компактность, недостатки - высокая энергоемкость, неоднородность состава с повышенным содержанием переизмельченных частиц, износ рабочих органов и др.

Основными рабочими органами дробилки - молотилки, решетка и деки, образующие рабочую камеру дробления. К вспомогательным устройствам относятся: - системы подачи, отвода и отделения продукта от воздушного потока, средства автоматизации и защиты от перегрузок.

Типичные схемы молотковых дробилок сельскохозяйственного назначения на рис. 5. Дробилка состоит из корпуса с загрузочной горловиной, молоткового барабана с шарнирно-подвешанными молотками, решетка и док.

В зависимости от организации рабочего процесса в рабочей камере следует различать дробилки открытого (Рис. 5а) или закрытого типов (Рис. 5б). В дробилках открытого типа материал из дробильной камеры быстро удаляется, не замыкая при своем перемещении окружности. В таких дробилках измельчается главным образом крупно-кусковый, хрупкий, сухой и немажущийся материал (гранулы, мел, ракушки, соль). Основным механическим фактором процесса является свободный удар молотка по значительной массы. В дробилках закрытого типа решето и деки охватывают собой весь барабан, и материал, поступающий в дробильную камеру, при своем перемещении совершает многократные круговые движения, располагаясь в камере в виде рыхлого продуктово-воздушного слоя. Здесь материал измельчается путем многократного ударного воздействия молотков и истирания при проходе их в среде движущегося слоя.

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

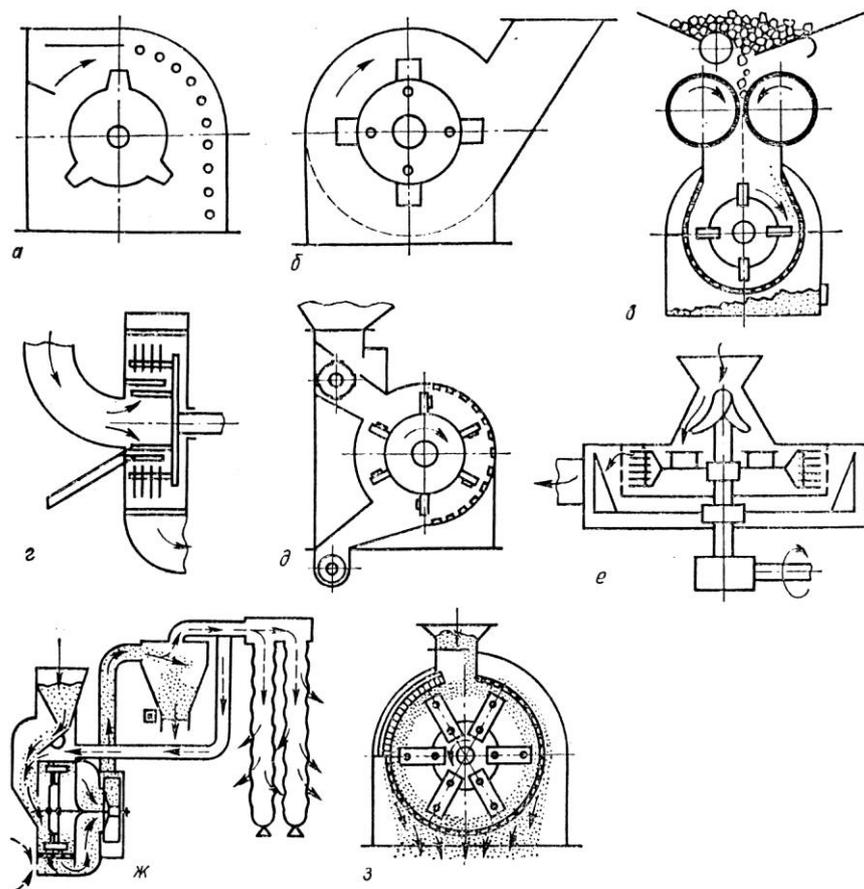


Рис.1 Конструктивно-технологические схемы молотковых дробилок сельскохозяйственного назначения:

а – открытого типа, б – закрытого типа, в, г – двухстадийные, д – с жестким креплением рабочих органов, е – горизонтальная, ж – с замкнутым воздушным потоком, з – с шарнирным креплением рабочих органов.

Классификация современных дробилок

Молотковые дробилки получили широкое распространение для дробления самых разнообразных кормов.

Дробилки можно классифицировать:

1) по конструктивным признакам на:

а) одноступенчатые и б) двухступенчатые;

2) по способу подачи продуктов измельчения:

а) транспортерами, б) самотеком, в) принудительные;

3) по способу отвода готовой продукции:

а) пневматический - откос продуктов измельчения из подрешетного пространства посредством вентилятора с подачей через циклон в загружаемые средства;

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

б) механический - шнековыми транспортерами и роторными лопастями - швырялками;

4) по назначению:

а) универсальные - имеющие дополнительные режущие аппараты для измельчения стебельных кормов;

б) специальные - для дробления (размола) зерна и других продуктов измельчения;

5) по отраслевому применению на :

а) сельскохозяйственные - предназначенные для кормокухонь, кормоцехов отдельных хозяйств;

б) промышленные - для агрегатов, комбикормовых заводов.

Технические характеристики некоторых дробилок при Классификация современных дробилок

Молотковые дробилки получили широкое распространение для дробления самых разнообразных кормов.

Дробилки можно классифицировать: 1) по конструктивным признакам на:

а) Одноступенчатые и б) двухступенчатые;

2) по способу подачи продуктов измельчения:

а) транспортерами, б) самотеком, ^принудительный*,

3) по способу отвода готовой продукции:

а) пневматический - откос продуктов измельчения из подрешетного пространства посредством вентилятора с подачей через циклон в загружаемые средства;

б) механический - шнековыми транспортерами и роторными лопастями - швырялками;

4) по назначению:

а) универсальные - имеющие дополнительные режущие аппараты для измельчения стебельных кормов;

б) специальные - для дробления (размола) зерна и других продуктов измельчения;

5) по отраслевому применению на:

а) сельскохозяйственные - предназначенные для кормокухонь, кормоцехов отдельных хозяйств;

б) промышленные - для агрегатов, комбикормовых заводов.

Основными рабочими органами дробилок являются:

молотилки, которые в зависимости от типа дробилок могут иметь либо шарнирное, либо жесткое закрепление; решета деки.

Для универсальных двухступенчатых дробилок: нож дискового или барабанного режущего аппарата; противорежущая пластина.

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

К вспомогательным механизмам относятся: 1) дозатор; 2) вентилятор; 3) циклон; 4) шлюзовой затвор; 5) трубопроводы; 6) магнитный улавливатель; 7) транспортеры.

При дроблении концентрированных кормов в муку в зависимости от необходимой степени дробления устанавливаются решета с отверстиями определенных диаметров. С увеличением диаметра отверстий крупность помола увеличивается. При дроблении зеленой массы устанавливаются рифленые деки и готовый продукт выходит прямоотком, минуя пневмосистему (вентилятор-циклон).

Молотки, решета, деки

Наибольшее применение получили пластинчатые молотки - прямоугольные или со ступе. Пластинчатые молотки с двумя отверстиями могут быть прямоугольными (ГОСТ 8772-58), со ступенчатыми концами и фигурными, а объемные – сплошными и составными начатыми кольцами.

Для измельчения зерна и мягких кормов используются тонкие молотки толщиной 2-3 мм, для стебельчатых кормов - 6-8 мм. Для измельчения крупнокустных материалов (початки, жмыха) и сухой листостебельной сечки при производстве МТ толщина молотков возрастает до 8-12 мм.

Достоинства пластинчатых молотков: простота изготовления, удобство в эксплуатации, быстрота замены и др.

На развертке барабана молотки ножи располагаются по винтовой линии двух- и трехзаходного винта или параллельными рядами с креплением на пальцах, пропущенных через отверстия в дисках барабана.

Молотки изготовлены из стали 65Т, 30ХГС, 35 ХГС или из углеродистой стали с наплавкой рабочих кромок твердыми сплавами. Твердость после термообработки HRC 55-58.

Решета (сит) служат для отвода готового продукта из дробильной камеры и регулируют степень измельчения. В дробилках применяют решета с круглыми, продолговатыми отверстиями и решета чешуйчатые. Живое сечение решета $0,08 \div 0,35$.

С уменьшением радиального зазора между окружностью молоткового ротора и ситом возрастает количество мелкодисперсного компонента, снижается производительность и повышается удельный расход энергии. С увеличением диаметра отверстий и живого сечения сит производительность дробилки возрастает, а степень измельчения снижается. Конструкция дробилки должна обеспечивать возможность быстрого регулирования зазора и смены сит. Угол обхвата ротора решетом изменяется в пределах $120-360^\circ$.

Деки дробилок выполняют чугунами рифленными или стальными с пробивными отверстиями, закрытыми сплошной стенкой корпуса. Шероховатая поверхность деки задерживает движение кольцевого слоя в камере дробления и этим способствует дополнительному измельчению материала.

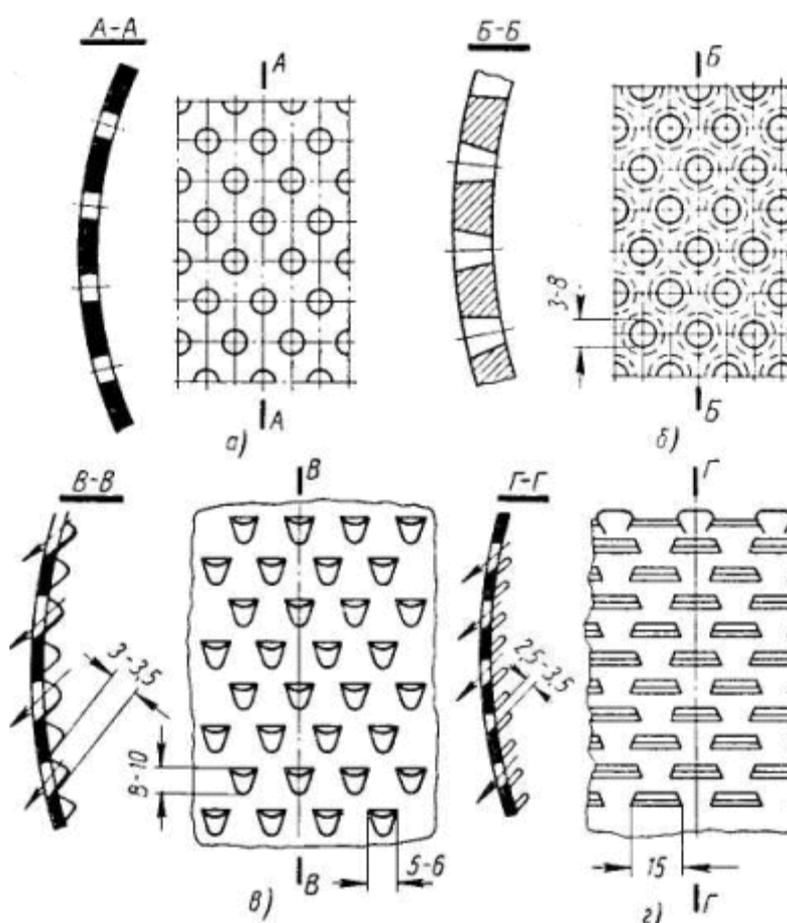
Размещают молотки на цилиндрической поверхности ротора по винтовой линии с двумя или тремя заходами или же параллельными рядами. В зависимости от числа заходов или количества рядов через каждую точку дробильной камеры молотки пройдут n раз в секунду:

$$z = \frac{k \cdot n}{60} \text{ с}^{-1},$$

где k — число заходов винта или рядов.

Столько же ударов может произойти в каждой точке камеры.

Решета предназначены для отвода готового продукта, дополнительного его измельчения и регулирования степени измельчения. В кормодробилках применяют гладкие решета из листовой стали с пробивными круглыми отверстиями диаметром от 3 до 10 мм. Живое сечение решет составляет 0,08...0,35.

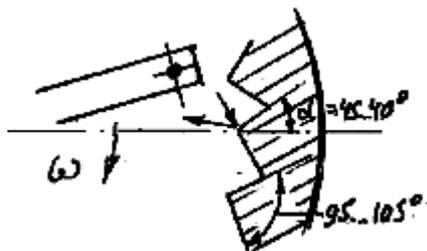


Они изготавливаются из листовой стали толщиной от 2 до 8 мм и бывают гладкими (а, б) и чешуйчатыми (в, г). В тонких гладких решетках отверстия штампуются, а в толстых высверливаются. Для уменьшения сопротивления движению продукта отверстия в толстых решетках делают коническими. Чешуйчатые решета имеют острошероховатые поверхности, что значительно повышает эффект измельчения и пропускную способность в сравнении с гладкими решетками.

Деки предназначены для повышения эффективности процесса измельчения. Они представляют собой отражательные поверхности, установленные в верхней части корпуса и охватывающие ротор с одной или двух сторон на определенной дуге окружности. Они вместе с решетками составляют неподвижную стенку, о которую ударяются частицы материала, отброшенные молотками. Деки бывают рифленые чугунные или стальные с пробивными отверстиями. Уложенные

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

плотно к корпусу они образуют шероховатую поверхность. Рифли дек имеют угол зуба 95...105°, а передняя грань наклонена к радиусу под углом 40...45°. Это обеспечивает возврат частицы в зону действия молотков. Наибольшая эффективность измельчения происходит при прямом ударе частицы в риф деки.



Процесс измельчения в молотковой дробилке происходит следующим образом. Зерна материала, попав в зону действия молотков, получают первый удар и отбрасываются к периферии, где отражаются поверхностью от деки или решета.

Отражаясь от них, частицы замедляют свое движение, но в зоне действия молотков они опять ускоряются от их ударов и потока воздуха. При установившемся процессе по всей внутренней окружности корпуса дробилки образуется вращающийся непрерывно перемешивающийся слой материала. От многократных столкновений с молотками, решетом и декой зерна измельчаются. При достижении заданного размера частицы материала проходят через отверстия решета и удаляются из дробилки. На их место поступают новые порции неизмельченного материала.

Типы дробильных барабанов

Существуют 2 типа дробильных барабанов, отличающихся соотношением размеров диаметра D и длины ротора L : $D = kL$

Первый тип $D = (1,0-2)L$, второй $D = (4 \div 7)L$.

Для барабанных аппаратов первого типа до 50% вращающейся массы (молотки, пальцы, шайбы) сосредоточено близко от оси вращения, При этом осевой момент инерции сравнительно невелик, однако велика металлоемкость. Достоинства - достаточность обеспечения статической балансировки.

У барабана второго типа молотки с пальцами и шайбами составляют около 17-18% от общей массы ротора. Однако они отдалены от оси вращения. Это приводит к большим значениям осевых моментов инерции и маховых моментов. Барабан второго типа менее металлоемки, но требуют тщательной балансировки.

Достоинства - при осевой подаче материала охват сита составляет до 360°, что увеличивает пропускную способность дробилки.

Рабочие скорости молотков.

Интенсивность процесса дробления определяется рабочей скоростью на внешнем диаметре вращающихся молотков. В кормодробилка - скорость 40-80 м/с, в дробилках - до 100 м/с и более.

Выбор скорости необходимо производить с учетом количества ударов (пакетов молотков), их интенсивности (работа, деформация), времени пребывания материала в камере, радиального зазора, параметра решет т дек и др. Также необходимо учитывать, что с повышением числа оборотов затраты энергии возрастают в третьей степени.

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

Для качественной оценки энергоемкости процесса дробления наибольшее распространение получили поверхностная теория, объемная теория и теория академика Ребиндера П.А.

В основу поверхностной теории положена, гипотеза что работа, производимая при дроблении, пропорциональна приращению суммарной поверхности частиц. Теория доказывает, что при высокой степени измельчения работа дробления A_s пропорциональна степени измельчения, выраженную через средние линейные размеры частиц:

$$A_s = c_s (\lambda - 1),$$

где c_s - коэффициент пропорциональности, Дж/кг;

λ - степень дробления.

В основе объемной теории лежит предположение, что затраты работы на измельчение пропорциональны первоначальному объему частиц. Согласно данной теории основная часть энергии затрачивается на улучшение деформации тела. При этом удельная площадь поверхности измельчается незначительно. Удельная работа измельчения $A_{y\partial}$:

$$A_{y\partial} = c_y l g \lambda^3, \text{ где } c_y - \text{коэффициент пропорциональности, Дж/кг.}$$

По теории академика Ребиндера П.А. основанной на происходящих при измельчении твердых тел физико-механических процессах работа на разрушении материала A :

$$A = k \Delta S + m \frac{\sigma_p^2 V}{2E} + A_m,$$

где k - энергия на образование единицы новой поверхности;

ΔS - приращение суммарной поверхности частиц;

m - число циклов деформации частиц измельченного материала;

σ_p - разрушающее напряжение;

V - первоначальный объем частиц;

E - модуль упругости;

A_m - энергия на деформацию и износ рабочих органов.

Данные выражения могут быть использованы только для качественных исследований. На основании их анализа затрачиваемая работа на измельчение равняется:

$$A_{изм} = c_{пр} [c_v l g \lambda^3 + c_s (\lambda - 1)], (A)$$

где $c_{пр}$ - коэффициент учитывающий влияние неучтенных факторов (св-ва материала, способ измельчения, конструктивные особенности измельчения и др.).

c_v - постоянный коэффициент, выражающий работу упругих деформаций при принятом методе механических испытаний материала, отнесенную к единице его массы, Дж/кг;

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

c_s - постоянный коэффициент, равный работе, затрачиваемой на образование новых поверхностей при измельчении 1 кг материала, дж/кг.

Данную формулу можно также представить в виде:

$$A_{изм} = c_1 \lg \lambda^3 + c_2 (\lambda - 1); \lambda - \text{степень дробления.}$$

Величины эксп. коэффициентов c_1 и c_2 :

для ячменя: $c_1 = (10-13) \times 10^3$ дж/кг

$$c_{21} = (6-9) \times 10^3 \text{ дж/кг}$$

для стебельных кормов: $c_1 = (10-13) \times 10^3$ дж/кг

$$c_{21} = (0,6-0,9) \times 10^3 \text{ дж/кг}$$

Чтобы получить в дробилке действительную скорость соударений молотков с частицами кормов, равную разрушающей скорости

$$V_{разр} = \sqrt{K_{\delta} \cdot \sigma_{разр} \cdot \ln \left(\frac{a}{x_1} \right) / p}$$

рабочую скорость молотков требуется назначать выше, так как необходимо учесть скорость V_m циркуляции кольцевого продуктово-воздушного слоя в камере.

Таким образом, скорость молотков может быть определена по формуле:

$$V_m = V_{разр} + V_{сл} \text{ или } V_m = \frac{V_{разр}}{1 - \beta_{сл}},$$

где $\beta_{сл} = \frac{V_{сл}}{V_m} = 0,4 - 0,5$.

Как видно из этой формулы, для однократного разрушения зерна скорость молотков должна быть выше разрушающей в 1,2 - 2 раза.

Найдем связь между необходимой скоростью $V_{уд}$ соударений и степенью n_3 измельчения зерна.

Длину зерна выразить через его эквивалентный диаметр $D_3 = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot V_3}{\pi}} \approx 1,24$, то

можно записать $a = 2,25 \cdot D_3 \cdot \sqrt[3]{V_3}$.

Длину X_1 недеформированной части зерна можно принять за определяющий размер частицы, полученный в результате каждого однократного удара, т.е. $X_1 = d_{ср}$.

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

$$\frac{a}{X_1} = \frac{2,250}{d_{cp}} = 2,25 \cdot n_3,$$

где n_3 - заданная степень измельчения зерна, т.е. основная характеристика технологического процесса.

После потенцирования получим

$$\ln 2,25 = 0,81 + 2,3 \cdot \lg n_3$$

Обозначим характеристику физико-механических свойств зерна:

$$K_3 = \frac{K_d \cdot \sigma_{разр}}{p}$$

Тогда формула скорости при многократном воздействии может быть представлена в виде:

$$V_{уд} = V'_{разр} = \sqrt{K_3 \cdot (0,81 + 2,3 \cdot \lg n_3)},$$

где $V'_{разр}$ - разрушающая скорость при многократном воздействии молотков на материал.

Работа деформации при ударе.

Применительно к сельскохозяйственным материалам теорию о работе деформации при одиночном ударе в молотковой дробилке разработал В.П. Горячкин (см. собрание сочинений т.3. -М.: Колос, 1965).

Допустим, что между молотком и частицей происходит не упругий прямой центральный удар. Сопротивление молотку оказывает инерция частицы. В результате удара возникает импульс силы, который равен изменению количества движения:

$$i = M (v_M - v_k), \quad (1)$$

где M — масса молотка, кг;
 v_M и v_k — скорость молотка до и после удара, м/с.

Если допустить, что начальная скорость частицы $v_r = 0$, то изменение количества движения ее составит:

$$i = m * v_k, \quad (2)$$

где m — масса частицы, кг;
 v_k — скорость частицы после удара, равная скорости молотка после удара, м/с.

Импульсы сил, приложенных к частице и молотку, равны, поэтому равны и правые части уравнений (1) и (2)

$$M (v_M - v_k) = m * v_k$$

откуда

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

$$\begin{aligned} M \cdot v_M - M \cdot v_k &= m \cdot v_k, \\ M \cdot v_M &= v_k \cdot (M + m), \end{aligned}$$

или

$$v_k = \frac{M v_M}{M + m} = \frac{v_M}{1 + \frac{m}{M}}. \quad (4)$$

Из формулы (4) видно, что конечная скорость зависит от соотношения масс соударяемых тел и изменяется по гиперболе. Если $m \ll M$, то $v_M = v_k$. Определим полезную работу молотка при его ударе по частице. Из курса теоретической механики известно, что при не упругом ударе часть кинетической энергии сохраняется для движения системы соударяющихся тел, а вторая часть превращается в работу деформации этих тел. Если сопоставить прочность молотка и измельчаемого материала, то можно заключить, что деформации и измельчению будет подвергаться менее прочный материал, каковым является корм. Поэтому всю работу деформации с известным допущением можно считать полезной. Найдем ее значение.

Полный запас кинетической энергии молотка при ударе

$$A_0 = \frac{M v_M^2}{2} \text{ Дж.}$$

После удара кинетическая энергия молотка

$$A_M = \frac{M v_k^2}{2} \text{ Дж.}$$

Если допустить, что начальная скорость частицы $v_0 = 0$, то и ее кинетическая энергия до удара равна нулю. После удара частица приобретает конечную скорость молотка и ее кинетическая энергия:

$$A_r = \frac{m v_k^2}{2} \text{ Дж.}$$

На основании закона сохранения энергии можно записать

$$\begin{aligned} A_0 &= A_M + A_r + A_{\text{деф}} \\ \text{откуда} \\ A_{\text{деф}} &= A_0 - (A_M + A_r) \end{aligned}$$

или

$$A_{\text{деф}} = \frac{M v_M^2}{2} - \left(\frac{M v_k^2}{2} + \frac{m v_k^2}{2} \right).$$

Подставим из (3) значение $m v_k$, тогда

$$A_{\text{деф}} = \frac{M v_M^2 - M v_k^2 (v_M - v_k)}{2}. \quad (5)$$

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

Из уравнения (5) видно, что работа деформации прямо пропорционально зависит от скорости молотка или частицы после удара. При измельчении зерна обычно $m < M$ и конечная скорость $v_m = v_k$. Тогда выражение (5) можно записать

$$A_{\text{деф}} = \frac{m\vartheta_m^2}{2} \text{ Дж} . \quad (6)$$

Если $m \gg M$, то конечная скорость ударяющего тела становится равной нулю. Такое явление наблюдается при ударе летящего зерна о деку. Таким образом, полученная от молотка кинетическая энергия зерна также расходуется на его деформацию при ударе о деку.

Тогда полезная работа от удара молотка по зерну составит

$$A_{\text{пол}} = A_{\text{деф}} + A_{\Gamma} = \frac{m\vartheta_k^2}{2} + \frac{m\vartheta_k^2}{2} = m\vartheta_k^2 \text{ Дж} . \quad (7)$$

Уравнения для определения работы деформации получены с определенными допущениями.

Чем меньше масса измельчаемой частицы по отношению к массе молотка, тем с меньшим эффектом работает молотковая дробилка.

Необходимо отметить, что работа деформации, вычисленная по формуле (6), является максимально возможной для случая неупругого удара. На самом деле зерно и другие виды кормов обладают определенной упругостью, которая может быть учтена коэффициентом восстановления.

Тогда формулу (7) можно записать

$$A_{\text{пол}} = (1 - K_{\text{вос}}^2) m \vartheta_k^2 = (1 - K_{\text{вос}}^2) m \vartheta_m^2 . \quad (8)$$

По опытным данным для зерна средней сухости $K_{\text{упр}} = 0,3 \dots 0,4$. Следовательно, при свободном ударе с учетом упругих свойств зерна лишь 84...91 % кинетической энергии от максимально возможной расходуется на разрушение. При измельчении зерна внутри дробильной камеры находится не одна частица, а много. Все частицы сосредоточены по периферии дробильной камеры в виде взвешенного постоянно перемешивающегося кольцевого слоя. Этот слой под воздействием молотков имеет свою окружную скорость $v_{\text{сл}}$. При определении работы деформации при ударе по слою необходимо в расчет принимать относительную скорость движения молотков $v_{\text{от}} = v_m - v_{\text{сл}}$.

Для разрушения материала необходимо, чтобы относительная скорость молотков была равна скорости, при которой произойдет разрушение зерна.

$$v_{\text{от}} = v_{\text{раз}}$$

Из опытов установлено, что скорость вращения слоя в молотковой дробилке

$$\vartheta_{\text{сл}} = \beta \vartheta_m ,$$

тогда

$$v_{\text{от}} = v_{\text{раз}}$$

где $\beta = 0,4 \dots 0,5$ — коэффициент динамичности.

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

Тогда

$$v_m = \frac{v_{раз}}{1 - \beta} \approx (1,6...2)v_{раз} ,$$

т.е. скорость молотков должна быть в 1,6...2 раза выше разрушающей скорости. Поскольку в молотковой дробилке происходят многократные удары молотков по одному и тому же зерну, рабочую скорость молотков можно принимать несколько меньшей (на 15...20 %).

Скорость разрушения можно определить по теории Жуковского Н.Е., в соответствии с которой скорость разрушения при упругом ударе зависит от скорости распространения звуковых волн в разрушаемом материале:

$$v_{раз} = \frac{C \cdot \sigma_p}{E} ,$$

где σ_p — разрушающее напряжение, равное временному сопротивлению при сжатии. Для зерен ячменя (наиболее прочное зерно) $\sigma_p = 7$ МПа;
 E — модуль упругости зерна, $E = 840$ Мпа;
 C — скорость распространения звука в разрушаемом материале;
 ρ — плотность материала, для ячменя $\rho = 1300$ кг/м³.
 Тогда скорость разрушения материала

$$v_{раз} = \sigma_p \sqrt{\frac{1}{\rho E}} .$$

Если подставить значения физико-механических свойств зерна, то получится скорость разрушения $v_{раз} = 6,7$ м/с, что в 8...15 раз меньше скоростей в дробилке. Это объясняется тем, что теория Герца действительна в пределах упругой области. У нас имеет место деформация за пределом упругости. В соответствии с опытными данными Мельников С.В. предложил для определения разрушающей скорости зерна при многократном воздействии на него эмпирическую формулу:

$$v_{раз} = \sqrt{K_3 (0,81 + 2,3lg \lambda)} ,$$

где $K_3 = K_{\pi} \frac{\sigma_{раз}}{\rho}$ — характеристика физико-механических свойств зерна;
 K_0 — 1,6...2 — коэффициент динамичности;
 λ — степень измельчения.

ЛЕКЦИЯ №6

«Диаметр молотковых дробилок»

Основное уравнение дробильного барабана, характеризующее связь между источником энергии (двигатель), работой самой машины и свойствами перерабатываемого материала.

$$N_{узм} = Y_I \omega \frac{d\omega}{dt} = q V_M / (1 - f_n)$$

где $N_{узм}$ - энергия, затрат на рабочий процесс измельчения;

Y_I - момент инерции барабана, кг.м²;

q - секундная подача массы материала, кг/с;

V_M - окружная скорость молотков, м/с;

$d\omega/dt$ - угловое ускорение, рад/с²;

f_n - коэффициент перетирания.

При холостом ходе дробилок энергия двигателя расходуется на сообщение барабану ускорения (без дробления материала) и на преодоление средних сопротивлений:

$$N = Y_I \omega \frac{d\omega}{dt} + A_\omega + B_\omega^3$$

где A_ω , B_ω^3 - соответствует расходу энергии на трение в опорах и на преодоление сопротивления воздуха, B_m ; $A = 3 \text{ Н} \times \text{м}$; $B = 48 \times 10^{-5} \text{ Н} \times \text{м} \times \text{с}^2$

Для барабанов кормодробилок величина ускорения

$$E = \frac{d\omega}{dt} = 10 - 17 \text{ рад/с}^2$$

Энергия, затрачиваемая на рабочий процесс измельчения:

$$N_{узм} = Y_I \omega \frac{d\omega}{dt} = P \times V_M,$$

где P - суммарное окружное усилие барабана, приходящееся на удары молотков по материалу и на перемещение воздушно-продуктового слоя.

Отсюда необходимый момент инерции барабана Y_I :

$$Y_I = \frac{N_{узм}}{\omega \frac{d\omega}{dt}}$$

Энергия на измельчение $N_{узм}$ равняется:

$$N_{узм} = q \times A_{узм}$$

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

q - подача, кг/с:

$A_{изм}$ - работа измельчения

Тогда: $Y_l = k_z \times q A_{изм} / \omega$,

где k_z - коэффициент пропорциональности.

При угловых ускорениях $E = 10-17 \text{ рад/с}^2$, величина $k_z = 6-10$.

Суммарное окружное усилие барабана P :

$$P = q \times V_M / (1-f_n),$$

Для молотковых дробилок при скорости молотков $V_M = 80-100 \text{ м/с}$, $f_n = 0,8 \div 0,9$.

Важной динамической характеристикой барабуана является степень неравномерности его вращения δ_ω :

$$\delta_\omega = \frac{\omega_{\max} - \omega_{\min}}{\omega_{cp}} \quad \omega - \text{угловая скорость}$$

Для дробильных барабанов $\delta_\omega = 0,04-0,07$.

При шарнирной подвеске молотов к дискам тормозящее действие внешних рабочих сопротивлений частично передается на вал барабана и частично компенсируется уменьшением момента инерции всей системы, что обусловлено отклонением молотков от радиального положения. У барабанов с шарнирно-подвешенными рабочими органами имеются неравномерности от изменения угловой скорости δ_ω и от изменения момента инерции барабана δ_z :

$$\delta_z = \frac{Y_{\max} - Y_{\min}}{Y_{cp}},$$

$$\text{где } Y_{cp} = \frac{Y_{\max} - Y_{\min}}{2} \text{ - среднее значение момента инерции}$$

Шарнирно-подвешенный молоток дробилки работает по принципу физического маятника, прикрепленного к быстровращающемуся диску барабана (рис.). Молоток работает в поле центробежных сил переносного вращательного движения, которое является восстанавливающими силами при отклонениях молотка. Чтобы обеспечить устойчивое движение молотка рекомендуется выбирать следующие размеры молотка l и диска барабана R_n :

a, b - длина и ширина молотка;

c - расстояния от оси подвеса до центра тяжести;

l - расстояние от оси подвеса до конца молотка;

R_n - радиус подвеса молотков;

φ - угол между радиус-векторами, проходящими через ось подвеса и центр тяжести молотков.

Расчет молотковых дробилок

Расчету подлежат следующие основные параметры дробилок: размеры барабана, показатели кинематического режима, размеры молотков и порядок их размещения, а также энергетические и технико-экономические показатели дробилки.

При расчетах необходимы следующие исходные данные: производительность машины, степень измельчения материала, физико-механические свойства исходного сырья.

Выбор размеров барабана

Для определения расчетной производительности дробилки необходимы основные размеры барабана: описанный диаметр по концам молотков D и длину барабана L .

Связь между размерами барабана и заданной производительностью выражается через удельную нагрузку q' [кг/см²] - отношение секундной расчетной производительности q_p к площади диаметральной проекции барабана:

$$q' = \frac{q_p}{D L}, \text{ где [кг/см}^2\text{]} \text{ (С)}$$

D - диаметр по концам молотков;

L - длина барабана;

q_p - секундная расчетная производительность, кг/с.

Показателем $D L$ пользуются при расчете дробилок типоразмерного ряда.

Обычно: $V_m = 45-55$ м/с; $q' = 2-3$ кг/см²

При скорости молотков: $V_m = 70-80$ м/с; $q' = 3-6$ кг/см²

С учетом [(M) ($D=kL$)] длина барабана L равняется:

$$L = \frac{D}{k}$$

Тогда при известной производительности q_p , с учетом q' (с), диаметр барабана D :

$$D = \sqrt{\frac{d_p}{d'} k}$$

Производительность дробилки

Расчетная секундная производительность дробилки q_p :

$$q_p = \frac{\pi D L h_{cl} \rho \chi \mu_k}{t}, \text{ [кг/с]} \text{ (М)}$$

где h_{cl} - толщина кольца циркулирующего воздушно-продуктового слоя;

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

ρ - плотность продукта;

μ_k - массовая доля (концентрация) частиц в слое;

t - время пребывания частиц в камере дробления.

Из (М) видно, что q_p прямо пропорциональна площади DL диаметрического сечения барабана.

Производительность молотковой дробилки можно определить, если известна масса вращающегося слоя внутри камеры и продолжительность обработки материала:

$$Q = \frac{M_{\text{сл}}}{t} = \frac{\pi D L h_{\text{сл}} \rho \cdot \mu_{\text{ц}}}{t} = q D L,$$

т.е. получаем вышеприведенную формулу, которую использовали при расчете размеров барабана.

Размеры и число молотков

При рассчитанном диаметре барабана D расстояние l от оси подвеса до конца молотка равно:

$$l = \frac{R_n}{2,25} \text{ или } l = \frac{R_n}{4}$$

R_n - радиус подвеса молотков.

Длину a и ширину b молотка, уравновешенно на удар, ориентировочно выбирают из соотношений:

$$a = 1,5 l; \quad b = (0,3-0,33)a$$

Диаметр d отверстия под палец подвески принимают равным 16-20 мм.

Окончательные размеры молотков уточняются с учетом прочностных расчетов и требований ГОСТ 8772-78.

При определении числа молотков z и порядка их размещения на развертке барабана необходимо учитывать следующие требования:

- молотковое поле должно быть полностью перекрыто молотками по всей ширине дробильной камеры;

- порядок размещения молотков не должен нарушать условий статистической и динамической уравновешенности барабана.

После выбора схемы развертки число молотков находится по формуле:

$$z = (L - \Delta L) k_z / \delta,$$

где L - длина барабана;

ΔL - суммарная толщина дисков, не перекрываемая молотками;

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

k_z - число молотков, идущих по одному следу;

δ - толщина молотка.

Окончательно размеры всех деталей барабана определяются после выполнения прочностных расчетов.

При проектировании дробилок в зависимости от типа барабанов задаются отношением

$$\frac{D}{L} = k,$$

где $k = 1,5 \dots 1,7$ для первого типа дробилок (ДММ-0,3) и $k = 4 \dots 7$ для второго типа дробилок (ДКУ-М, КДУ-1).

Выражая $L = D / k$, диаметр барабана определяется:

$$D = \frac{Q}{qL} = \frac{Q}{qD/k} \quad \text{или} \quad D = \sqrt{\frac{Qk}{q}}$$

Размеры и число молотков. Размеры молотков определяются при условии, чтобы удары при дроблении не передавались на палец подвески, а через него и на подшипники вала барабана дробилки. Рассчитанные таким образом молотки называют уравновешенными на удар.

В общем случае устойчивость движения молотка зависит от соотношения размеров радиуса подвески молотка R_n и его длины до подвески l . Из решения дифференциальных уравнений, описывающих сложные колебательные движения молотка, рекомендуется пользоваться соотношениями:

$$R_n = 2,25 \cdot l \quad \text{и} \quad R_n = 4 \cdot l.$$

Оба соотношения являются оптимальными, но динамический режим работы будет различным. Учитывая рекомендуемые соотношения и что $\frac{D}{2} = R_n + l$, определим длину молотка до подвески

$$l = D/2 - R_n = D/2 - 2,25 \cdot l$$

$$2 \cdot l + 4,5 \cdot l = D; \quad l = D/2 - 2,25 \cdot l.$$

Радиус подвески

$$R_n = 2,25 \cdot l = 2,25 \cdot 0,15 \cdot D = 0,346 \cdot D$$

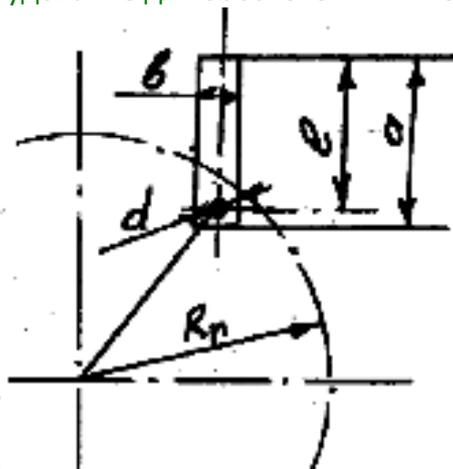
И для второго режима

$$l = D/2 - 4 \cdot l; \quad l = 0,1 \cdot D \quad \text{и} \quad R_n = 0,4 \cdot D$$

При малом диаметре барабана $D < 0,4$ м длину молотка до подвески целесообразно увеличивать, например до $l = 0,2 \cdot D$, так как из-за недостаточной длины их работа оказывается неэффективной в технологическом плане

Длину и ширину молотка, установленного на удар, выбирают по соотношениям

$$a = 0,5 \cdot l = 0,23 \cdot D \quad \text{и} \quad b = (0,4 \dots 0,5)a \approx 0,1 \cdot D$$



Диаметр пальца для подвески молотка определяют из условия его прочности. Для данных соотношений размеров молотка и скоростей движения диаметр обычно получается равным 18...20 см. Количество молотков определяется при условии, чтобы все молотковое поле по ширине дробильной камеры перекрывалось молотками:

$$z = \frac{(L - \Delta L) K_z}{\delta},$$

где L — длина барабана;

ΔL — суммарная толщина дисков барабана, не перекрываемая молотками;

K_z — число молотков, идущих по одному следу, обычно равно числу заходов винта или числу рядов;

d — толщина молотка

Как упоминалось, располагаются молотки по винтовой линии или рядами в шахматном порядке, но при этом должно быть выполнено условие статической и динамической уравновешенности барабана.

Энергетические показатели.

Распределение затрат энергии по отдельным элементам рабочего процесса дробилки характеризуется уравнением баланса мощности:

$$N_{\text{дв}} = N_{\text{изм}} + N_{\text{ц}} + N_{\text{хх}},$$

где $N_{\text{изм}}$ - мощность, идущая на процесс дробления материала; Вт;

$N_{\text{ц}}$ - мощность, потребляемая на циркуляцию (транспортирование материала и вентиляционный эффект); Вт;

$N_{\text{хх}}$ - мощность холостого хода; Вт.

Полезная мощность (на дробление)

$$N_{\text{изм}} = q \times A_{\text{изм}},$$

q - подача;

$A_{\text{изм}}$ - удельная работа, идущая на измельчение материала.

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

Мощность на циркуляцию материала $N_{ц}$ определяется из условия, что ротор дробилки работает подобно рабочему колесу вентилятора, у которого лопастями служат навешанные на штыри молотки. При этом создается воздушный поток и обеспечивается циркуляция материала в камере. При холостом ходе дробилки мощность на вентиляцию $N_{в}$;

$$N_{в} = k_{в} \times V_{м}^2,$$

где $k_{в}$ - опытный коэффициент, учитывающий конструкцию и режим работы дробилки как вентилятор, $k_{в} = 0,05$;

$V_{м}^2$ - окружная скорость по концам молотков, м/с.

При работе дробилки мощность на вентиляцию возрастает, т.к. ротор будет расходовать дополнительную энергию на перемещение слоя материала. Это учитывается коэффициент концентрации материала $\mu_{ц}$ (кг/кг).

Следовательно; мощность на циркуляцию

$$N_{ц} = k_{в} (1+k_{ц} \mu_{ц}) V_{м}^2,$$

где $k_{ц}$ - кратность циркуляции материала.

Мощность на хх предусматривает расход энергии на преодоление трения в опорах и к.п.д. передач.

При разработке новых конструкций молотковых дробилок в расчетах мощность на холостой ход и вентиляционный эффект принимается равной 15-20 % от полезной мощности, идущей на измельчение продукта.

$$N_{дв} = (1,15-1,2) N_{изм}.$$

Технико-экономические показатели

Энергоемкость процесса $\mathcal{E}_н$ с учетом достигнутой степени измельчения, кВт. ч/т:

$$\mathcal{E}_н = \frac{N_{изм}}{Q \lambda}$$

$N_{изм}$ - мощность на измельчения продукта, кВт;

Q - производительность дробилки, т/ч;

λ - степень измельчения.

Удельный расход энергии W (кдж/кг)

$$W = \frac{N_{дв}}{q}$$

где $N_{дв}$ мощность электродвигателя, кВт;

q - подача, кг/с.

Общая эффективность работы дробилки \mathcal{E} .

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

$$\varepsilon = \frac{q}{N_{де}} \text{ [кг/кДж]}$$

Энергоемкость процесса измельчения

$$\varepsilon_{изм} = \frac{N_{изм} \cdot \lambda}{Q} \text{ (Вт} \cdot \text{с/кг} = \text{Дж/кг)}.$$

Удельная производительность

$$W = \frac{Q}{N} \text{ (кг/Дж)}.$$

Мощность на циркуляцию материала и воздуха в камере определяется из допущения, что барабан дробилки работает как вентилятор, у которого лопастями являются молотки. При холостом ходе дробилки

$$N_{в} = K_{в} \cdot v_{м3}$$

где $K_{в}$ — опытный коэффициент, учитывающий конструкцию и режим работы данного вентилятора ($K_{в} = 0,05$);

$v_{м}$ — окружная скорость по концам молотков

$$v_{м} = \frac{\pi D \cdot n}{60} \text{ м/с}$$

При рабочем ходе воздействие мощности на вентиляцию возрастает, так как необходимо перемещать слой материала. Это учитывается концентрацией материала в потоке воздуха $\mu_{ц}$ (кг/кг) и кратностью циркуляции материала

$$K_{ц} = \frac{t \cdot v_{сл}}{\pi \cdot D}$$

$$N_{ц} = K_{в} = (1 + K_{ц} \mu_{ц}) v_{м}^3 ,$$

где t — продолжительность обработки.

Часто из-за отсутствия экспериментальных данных мощность на вентиляцию и холостой ход принимают в размере 15...20 % от мощности на измельчение.

ЛЕКЦИЯ № 7

Устройство и расчет дозаторов.

Технологический расчет дозаторов предусматривает определение расхода, оценку погрешности дозирования и расчет мощности, затрачиваемой на процесс.

Объемные дозаторы непрерывного действия для сухих сыпучих кормов. Барабанные дозаторы устанавливаются под бункерами; они отличаются простотой устройства, устойчивостью режима работы, но имеют сравнительно небольшой расход

По конструкции барабаны бывают ребристые, желобчатые и лопастные. Расход регулируется изменением частоты вращения барабана n , реже изменением длины рабочей части барабана, иногда изменением объема желобков при повороте специальных подвижных лопастей.

Массовый расход барабанного дозатора определяют по формуле

$$Q = F_{\text{ж}} l z n_c \rho \varphi$$

где F — площадь поперечного сечения одного желобка, м^2

l — длина рабочей части желобка, м;

z — число желобков;

n_c — частота вращения барабана;

ρ — плотность, кг/м^3

φ — коэффициент наполнения желобков ($\varphi = 0,8—0,9$).

Мощность, расходуемая на привод барабанного дозатора, определяется в основном трением корма, захватываемого барабаном, о вышележащие слои его. Сила трения $P_{\text{тр}}$, возникающая при этом, может быть определена по формуле

$$P_{\text{тр}} = f (p F_{\delta})$$

где p — давление корма на поверхность барабана, Па;

F_{δ} — площадь поперечного сечения горловины бункера над барабаном, м^2

Мощность, необходимая для дозирования, равна

$$N_{\text{д}} = P_{\text{тр}} v k_1 / 1000, \text{ или}$$

$$N_{\text{д}} = f p F_{\delta} v k_1 / 1000,$$

где v — окружная скорость барабана, м/с;

k_1 — коэффициент, учитывающий затрату энергии на возможное измельчение корма при захватывании его желобком (для порошкообразных кормов $k_1 = 1$; для кусковых $k_1 = 2$).

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

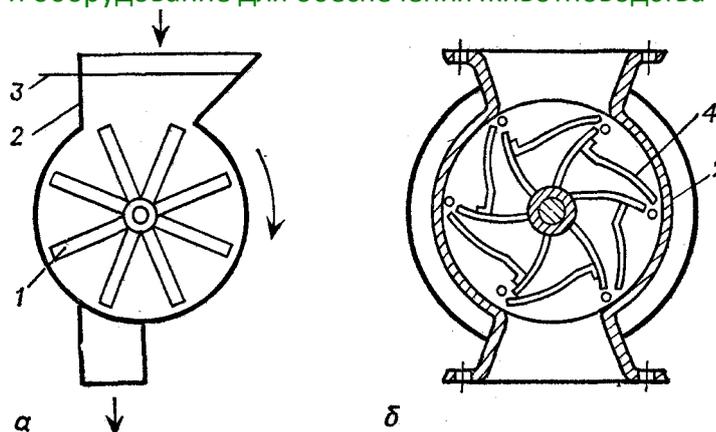


Рис. Барабанные дозаторы непрерывного действия:

1 - барабан; 2 - корпус; 3 — заслонка; 4 - подвижная лопасть

Установленная мощность двигателя $N_{дв}$, рассчитывается по формуле

$$N_{дв} = N_0 k_2 / \eta \eta_{дв}$$

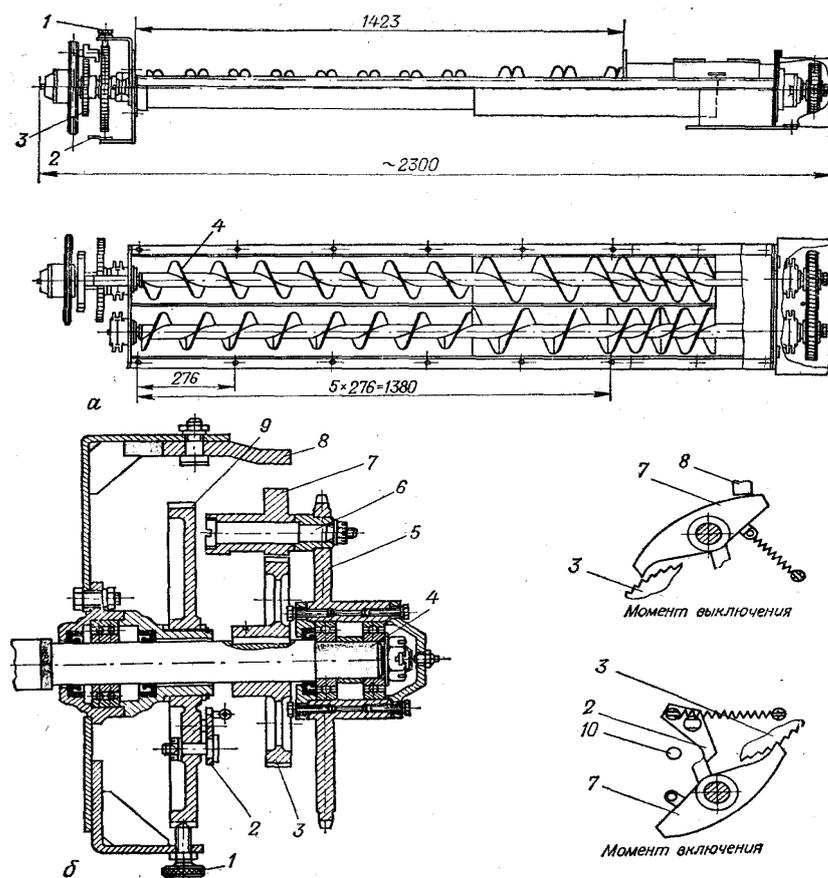
где k_2 — коэффициент, учитывающий потери мощности рабочих органов ($k_2 = 1,1—1,2$), кВт;

η — КПД передачи; $\eta_{дв}$ — КПД электродвигателя.

Шнековые дозаторы применяют для дозирования зерна, комбикорма, измельченных корнеплодов и других видов кормов. Так, в агрегатах ОКЦ для приготовления комбикормов все расходные бункера (зерновой и мучные) оборудованы дозирующими шнеками, привод которых осуществляется от мотор-редукторов через храповой механизм, позволяющий в установленных пределах регулировать частоту вращения шнека, а стало быть, и его расход. На рис. 6, а представлен шнек-дозатор для бункеров агрегата ОКЦ-50.

Шнек-дозатор состоит из двух винтовых шнеков с переменным шагом. Правый шнек 4 получает движение от цепной передачи через храповой механизм и через шестеренчатую передачу, расположенную с противоположной стороны, сам передает вращение левому шнеку. Каждый шнек ступенчатый, имеет диаметры 160 и 125 мм и переменный шаг, соответственно 150 и 125 мм. Это позволяет избежать сводообразования, обеспечить равномерность потока, повысить точность дозирования.

Машины и оборудование для обеспечения животноводства



1 — винт-фиксатор 2 — рычаг; 3 — шестерня; 4 — шнек правый; 5 — звездочка ведомая 6 — ось; 7 — собачка; 8 — упор; 9 — лимб делительный; 10 — ограничитель

Рис. Шнековый дозатор (а) и храповой механизм привода шнека (б) агрегата ОКЦ-50

Храповой механизм привода шнека (рис. 6, б) устроен следующим образом. Ведомая звездочка 5 вращается вместе с собачкой 7 свободно посаженной на ось 6. При вращении звездочки внутренний радиальный выступ собачки встречается с рычагом 2, собачка поворачивается, входит своей головкой в зацепление с храповым колесом (шестерней) 3 и начинает вращать шнек 4. При дальнейшем движении спинка собачки 7 встречается упором 8, собачка выводится из зацепления с храповым колесом и возвращается в г положение. С каждым оборотом звездочки 5 ($n_{\text{макс}} = 17,7 \text{ мин}^{-1}$) процесс включения и выключения шнека повторяется, шнек поворачивается не на 360° , а на некоторый угол, соответствующий установленному на лимбе рабочему ходу. Величина хода регулируется путем изменения положения рычага 2 поворотом делительного лимба 9. Установка лимба фиксируется винтом 1.

Для получения максимального расхода дозатора шнек включают на непрерывную работу. С этой целью необходимо упор 8 повернуть на 90° , и тогда он не будет выводить собачку 7 из зацепления с храповым колесом.

Выключение шнека производится поворотом рычага 2 против часовой стрелки до соприкосновения его с ограничителем 10. При этом собачка 7 не может войти в зацепление с храповиком, и передачи движения на шнек не происходит.

Частота вращения шнека изменяется: $n = 0,24 - 17,7 \text{ мин}^{-1}$

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

Настройка дозатора на заданный расход осуществляется соответствующей установкой лимба. Следовательно, необходимо точно знать, в каком положении требуется зафиксировать лимб винтом 1. Такое положение определяется расчетным числом зубьев лимба, которое находят по формуле

$$z_{л} = Q_{т}/Q_{\Delta},$$

где $z_{л}$ — расчетное число зубьев лимба;

$Q_{т}$ — требуемый массовый расход шнека-дозатора, кг/мин;

Q_{Δ} — величина изменения расхода дозатора при перестановке лимба на 1 зуб, кг/мин.

Требуемый расход дозатора обусловлен суммарной производительностью дробилок $Q_{др}$, (кг/ч) и процентным содержанием компонентов приготавливаемой кормосмеси.

Требуемый расход $Q_{т}$, (кг/мин) определяется по формуле

$$Q_{т} = Q_{др}\mu/(60K_{з}),$$

где μ — содержание данного компонента в смеси согласно рецепту, %;

$K_{з}$ — суммарное содержание зерновых компонентов в смеси за вычетом вводимых БВД, %.

Величина Q_{Δ} , изменения расхода шнека при перестановке лимба на 1 зуб определяется для условий непрерывной работы дозатора и подсчитывается по формуле

$$Q_{\Delta} = Q_{\max}/z_{л},$$

где Q_{\max} — максимальный расход дозатора при непрерывной работе шнека (определяется опытным путем), кг/мин.

На лимбах дозаторов агрегатов ОКЦ имеется 72 зуба.

При настройке шнеков-дозаторов на приготовление кормовой смеси заданного рецепта необходимо определить требуемый расход дозатора для каждого компонента и значение величины $Q_{л}$ изменения расхода при перестановке лимба на 1 зуб дозатора.

Шнеки широко используются в поточных линиях кормоцехов в качестве питающих механизмов.

Массовый расход (кг/с) шнекового питателя определяют по формуле

$$Q = 2,1 \cdot 10^{-3} (D^2 - d^2) \omega \rho \varphi,$$

где D и d — диаметры шнека и вала шнека, м;

s — шаг винта = $(0,8—1) D$, м;

ρ — плотность, кг/м

φ — коэффициент заполнения ($\varphi = 0,8—1$);

ω — угловая скорость, рад/с.

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

Во избежание забивания шнека при работе с кусковым материалом рекомендуется выдерживать соотношение

$$B = (4—5) D_k$$

где D_k — максимальный размер куска.

Регулировку количества подаваемого корма можно производить изменением частоты вращения шнека или сечения входного отверстия, задвижкой.

Мощность необходимая для привода шнека, равна

$$N = 10^4 Q_c (Lk' + H) k'' / \eta,$$

где L — горизонтальная проекция пути корма, м;

H — высота подъема корма, м;

k' — коэффициент, учитывающий сопротивление перемещению корма в корпусе дозатора ($k' = 1,2 — 2,5$);

k'' — коэффициент, учитывающий потери на трение в подшипниках ($k'' = 1,1—1,2$);

η — КПД привода.

Объемный секторный дозатор (рис.7) непрерывного действия предназначен для дозирования концентрированных кормов при установке его в поточных технологических линиях приготовления многокомпонентных смесей в кормоцехах молочных комплексов. В корпусе 11, установленном под бункером 13, размещены секционная ворошилка 18, разгрузочный зонт 2, обеспечивающий постоянство давления столба корма на ворошилку и датчик 1 нижнего уровня для сигнализации об отсутствии корма в бункере. На валу 19 шарнирно подвешены криволинейной формы дозирующая заслонка 7 и запирающая выпускное окно 8 заслонка 9.

На том же валу 19 установлены механизм управления дозирующей заслонкой 7 с тягой 5 и электромагнит б с тягой и пружиной 4, а также упор 10 и шкала 3 расхода корма.

Привод вала 19 ворошилки 18 осуществляется от электропривода 17

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

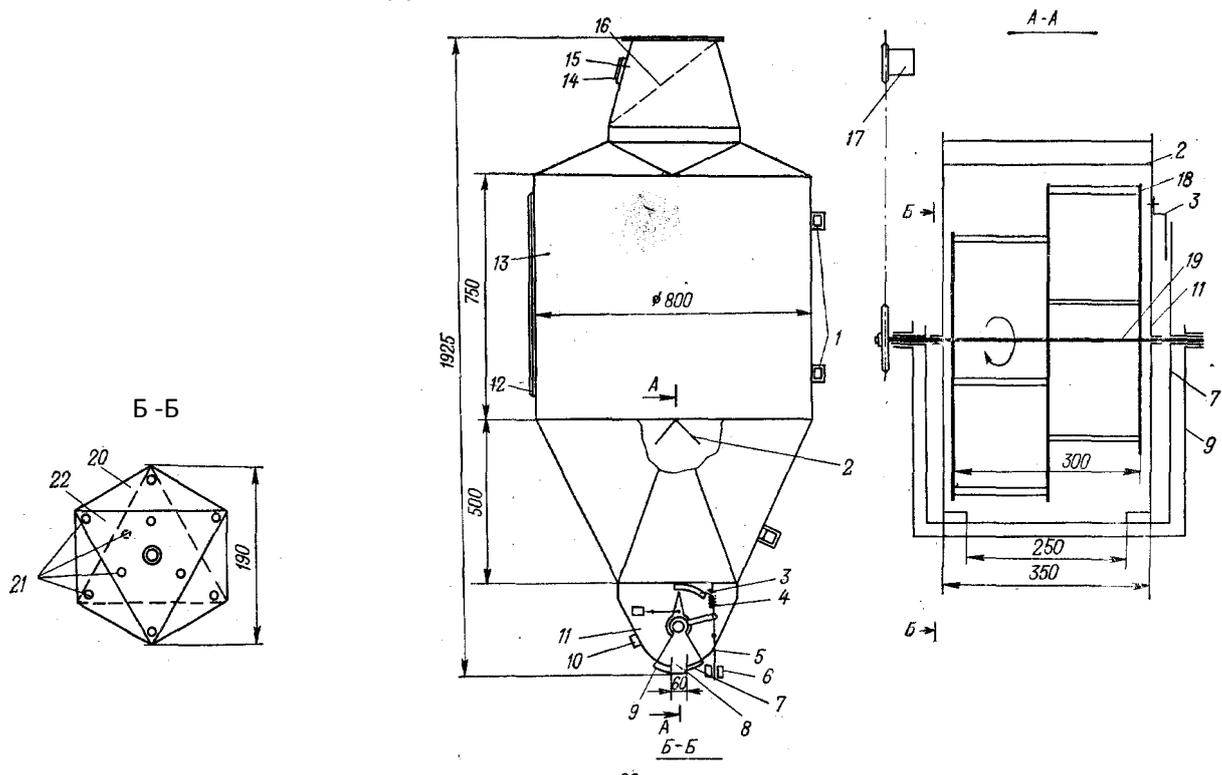


Рис. Секторный дозатор непрерывного действия для сыпучих кормов конструкции ВНИИЖивмаша

Секционная ворошилка состоит из жестко закрепленных на валу 19 дисков — наружных 22 треугольной формы и внутренних 20 шестиугольной формы. Через вершины по периметру дисков укреплены пальцы 21, образующие в пространстве две трехгранные призмы, смещенные относительно друг друга на 60°.

Дозатор работает следующим образом. Корм загружают через горловину 15, оборудованную сеткой 16 и смотровым люком 14.

Перед началом работы дозирующая заслонка 7 устанавливается по шкале 3 на заданный расход корма с помощью механизма 4 (вручную или дистанционно с пульта управления). При этом заслонка 9 находится в крайнем правом положении, перекрывая собой окно 8.

При включении с пульта управления всей поточной линии включаются в работу электропривод 17 и ворошилка 18, а электромагнит 6 открывает полностью заслонку 9, перемещая ее в крайнее левое положение до упора 10. При этом под воздействием стержней ворошилки корм взрыхляется и равномерным потоком по всей ширине окна 8 вытекает из дозатора в смеситель.

При отключении дозатора, а следовательно, и электромагнита 6 пружина возвращает заслонку 9 в крайнее правое положение, закрывая выпускное окно 8.

Массовый расход секторного дозатора можно определить по формуле

$$Q = f_{\text{отв}} v \rho \varphi_{\text{н}}$$

где $f_{\text{отв}}$ — площадь выпускного отверстия, изменяющаяся от $f_{\text{макс}}$

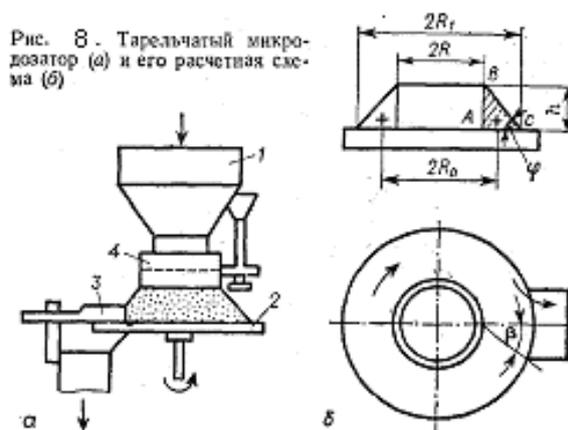
до $f_{\text{мин}}$ в зависимости от установки регулирующей заслонки;

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

φ_n — коэффициент заполнения выпускного отверстия ($\varphi_n = 0,7— 0,8$).

По результатам испытаний погрешность дозатора не превышает $\pm 5\%$.

Тарельчатые дозаторы (микродозаторы) применяются при обогащении кормовых смесей микродобавками в очень малых дозах (от 2 до 200 мг на 1 кг смеси), что имеет место при производстве премиксов сухим способом, а также в кормоцехах при дозировании сухих сыпучих добавок.



Материал из бункера 1 (рис. 8, а) поступает на вращающийся диск 2, с которого сталкивается скребком 3. Толщина слоя на диске регулируется манжетой 4, ограничивающей выход материала на диск. За каждый оборот диска с него снимается порция материал, расположенная на диске в виде кольца треугольного сечения (рис.8, б)

Массовый расход тарельчатого дозатора определяют по формуле

$$Q = V_{\text{сл}} \rho n_{\text{ср}}$$

где $V_{\text{сл}}$ - объем материала, снимаемого за один оборот тарелки, м^3 ;

$$n_{\text{ср}} \text{ — частота вращения тарелки } (n_{\text{ср}} = \frac{\omega}{2\pi}), \text{ с}^{-1}$$

Объем кольца треугольного сечения равен

$$V_{\text{сл}} = 2\pi R_0 F_{\text{сл}},$$

где R_0 - расстояние от оси вращения тарелки до центра тяжести сечения, м;

$F_{\text{сл}}$ — площадь поперечного сечения кольцевого. слоя, м^2 ;

При этом

$$R_0 = R + [h/(3 \operatorname{tg} \varphi)] \text{ и } F_{\text{сл}} = h^2/(2 \operatorname{tg} \varphi),$$

где h — высота подъема манжеты над тарелкой, м;

φ — угол естественного откоса корма при движении, град.

Подставив значения $V_{\text{сл}}$ R_0 и $F_{\text{сл}}$ в выражение (*), окончательно получим

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

$$Q = k^2 \omega_{\text{кр}} [R + h/(3 \operatorname{tg} \varphi)] / (2 \operatorname{tg} \varphi).$$

Предельная угловая скорость $\omega_{\text{кр}}$ тарелки определяется из условия, что центробежная сила инерции $I_{\text{ц}}$ меньше силы трения $F_{\text{тр}}$ т. е. $I_{\text{ц}} \leq F_{\text{тр}}$ или $mR\omega_{\text{кр}}^2 \leq mgf$

Отсюда

$$\omega_{\text{кр}} \leq \sqrt{fg/R_1},$$

где R_1 — наибольший радиус вращения частицы, м;

f - коэффициент трения материала о диск.

Затрата энергии на привод дозатора обусловлена сопротивлением от перемещения корма по тарелке и трением его о скребок/

Сила трения, возникающая при движении корма по тарелке, составит

$$F_{\text{тр}} = mgf = F_{\text{сн}} L_0 gf.$$

Мощность N_1 расходуемая на преодоление этого сопротивления, составит

$$N_1 = F_{\text{тр}} v,$$

$$\text{где } v = \frac{\pi R_0 n}{30}.$$

Мощность на преодоление сопротивлений от трения материала о скребок

$$N_2 = N_1 \cos \beta,$$

где β — угол установки скребка;

В результате суммарная мощность на привод дозатора составит

$$N = N_1 + N_2 + N_{\text{х.х}} = F_{\text{тр}} v (1 + \cos \beta) + N_{\text{х.х}},$$

где $N_{\text{х.х}}$ — затрата мощности на холостой ход.

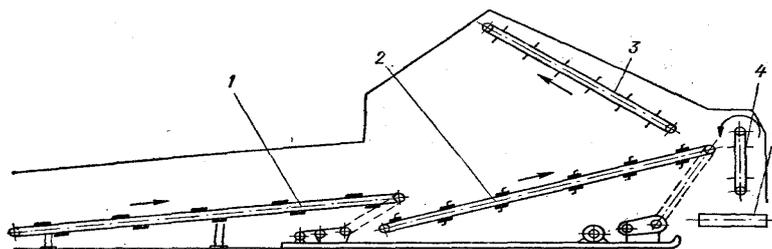
Погрешность дозирования при использовании тарелочных дозаторов колеблется в пределах 5—10%.

Объемные дозаторы непрерывного действия для влажных рассыпных кормов.

Дозирование стебельных кормов и корнеплодов до последнего времени осуществлялось регулированием времени работы питателей-транспортеров с учетом их подачи. В отдельных случаях над ленточным или цепочно-скребковым транспортером устанавливается штифтовый бiter, регулируемый по высоте расположения, в результате выравнивается толщина слоя подаваемого корма.

П и т а т е л ь - д о з а т о р (рис. 9) для подачи неизмельченных стебельных кормов (солома, сено, силос) состоит из приемного 1 и подающего 2 цепочно-планчатых транс-

Машины и оборудование для обеспечения животноводства



1 — приемный транспортер; 2 — подающий транспортер; 3 — транспортер дозатор; 4 — очесывающий транспортер; 5 — поперечный транспортер.

Рис. 9. Питатель-дозатор неизмельченных кормов.

портеров, цепочно-планчатого штифтового дозирующего транспортера 3 и счесывающего штифтового транспортера 4, выравнивающего поток корма при переходе его на поперечный транспортер 5.

Технологический процесс питателя-дозатора протекает следующим образом. Стебельный корм с транспортных средств сгружают на первый подающий транспортер, который работает периодически, подавая корм порциями на второй подающий транспортер 2. Последний работает непрерывно с регулируемой скоростью в пределах

0,1—0,3 м/с.

Транспортер-дозатор 3, отбрасывая избыток корма, пропускает в зазор слой определенной толщины. Подача регулируется изменением зазора при перемещении по вертикали нижнего вала транспортера-дозатора 3 с помощью червячного механизма. В случае избытка подаваемого корма, скопившегося у отбрасывающего транспортера-

дозатора, масса корма воздействует на флажок датчика, установленного на раме питателя; в результате первый подающий транспортер останавливается на время, пока не будет пропущен избыточный корм.

Счесывающий транспортер 4 отделяет небольшие порции корма и очищает штифты подающего транспортера от стеблей.

Достоинство данного питателя-дозатора состоит в том, что он успешно дозирует неизмельченные стебельные корма. При 300 мм максимальный расход на подаче соломы или сена — 6 т/ч.

Объемные дозаторы порционного действия применяют в линиях приготовления и раздачи кормов в виде мерных емкостей различного объема и конструкции. Наиболее широкое распространение при раздаче комбикормов получили мерные емкости в сочетании с транспортерами-питателями (рис. 11).

Массовый расход таких дозаторов определяют по формуле

$$Q = V\rho\varphi/t_{ц},$$

где V — объем мерной емкости, м³;

ρ — насыпная плотность, кг/м

φ — коэффициент заполнения ($\varphi = 0,9 - 1$);

t — время цикла, включающее время заполнения и опорожнения емкости, а также время на переключение механизма управления.

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

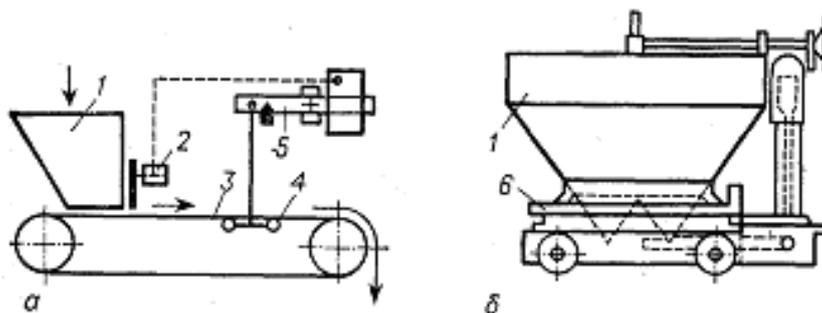
М а с с о в ы е д о з а т о р ы. Массовые дозаторы непрерывного действия подают необходимое количество корма непрерывным потоком с высокой точностью. Рассмотрим работу ленточного автоматического дозатора (рис. 11, а). Корм из бункера 1 поступает непрерывным потоком на ленту транспортера 3, под которой установлен датчик 4 весов, связанный тягой с балансиrom 5.

При изменении массы корма на ленте сигналы датчика передаются механизму управления заслонкой, который перемещает ее и устанавливает необходимый размер выпускной щели.

Массовый дозатор порционного действия (рис. 11, б) состоит

бункера 1 с конусным дном, который установлен на платформе 6 передвижных весов. Дозатор передвигают вручную по наземной дороге и останавливают над горловиной смесителя. В поточных линиях кормоцехов свиноводческих комплексов и птицефабрик применяют порционные массовые дозаторы с автоматическим управлением.

Многокомпонентные дозаторы. В производственных процессах, где применяется систематическое дозирование нескольких различных материалов, рационально использовать многокомпонентные дозирующие устройства с автоматизацией отпуска доз и учета готовой продукции.



1 — бункер; 2 — механизм управления задвижкой; 3 — ленточный транспортер; 4 — датчик весов; 5 — балансиr весов; б — платформа весов

Рис. 11. Массовые дозаторы непрерывного (а) и порционного (б) действия.

Многокомпонентное дозирование - осуществляется по одной из следующих схем.

1. Для дозирования всех компонентов применяют один общий дозатор с последовательным опорожнением бункера после отвешивания каждого компонента или с накоплением в бункере дозатора всех отвешиваемых по рецепту компонентов. При втором варианте затрачивается меньше времени, но требуется иметь весы с большой нагрузкой.

2. Для дозирования каждого компонента устанавливают отдельный дозатор. Навешивание каждого компонента производится в отдельном бункере. Отмеренные компоненты могут подаваться на смешивание одновременно всеми дозаторами.

3. Дозирование проводят комбинированно. Материалы объединяются в однородные группы по свойствам и объему дозирования. Каждая группа дозируется своим» дозатором.

ЛЕКЦИЯ № 8 Процесс дозирования, оценка погрешности дозирования. Кормовые материалы как объект дозирования, их основные физико-механические свойства.

Процесс дозирования.

До з и р о в а н и е — это процесс отмеривания заданного количества материала (порции) с требуемой точностью. Степень точности определяется зоотехническими и технологическими требованиями, а также обосновывается экономическими соображениями. Дорогостоящие и дефицитные комбикорма дозируются с более высокой точностью, чем стеблевые или корнеплоды. Наиболее строгую точность требуется обеспечить при производстве белково-витаминных и минеральных добавок, так как малейшее отклонение от норм, предусмотренных в рецепте для отдельных компонентов, может привести к нарушению пищеварения и заболеванию животных и даже к их гибели.

Существуют 2 способа дозирования материалов - объемное и массовое. В отдельных случаях применяют смешанный способ - объемно-массовый. При этом способе предварительно отмеривается порция по объему, а затем ее масса доводится до заданного значения на весовом устройстве.

По характеру протекания процесса дозирования может быть порционным и непрерывным.

При приготовлении кормов наиболее широкое применение получили объемный порционный и объемный непрерывный способы. На комбикормовых заводах также применяют массовый порционный способ.

Устройства, предназначенные для отмеривания и выдачи заданной дозы называются дозаторами. В зависимости от используемого способа дозирования дозаторы делят на объемные и массовые.

Объемные дозаторы просты по конструкции и в эксплуатации, но обеспечивают невысокую точность дозирования.

Массовые дозаторы порционного или непрерывного действия могут быть оборудованы средствами автоматического контроля и управления. Они позволяют получать высокую точность дозирования, но сложны по устройству и дороги.

Выбор способа дозирования и типа дозатора.

Зависит от свойств дозируемых материалов, из которых наиболее существенными являются: плотность, гранулометрический состав сыпучих материалов, углы естественного откоса и обрушения, влажность, склонность к сводообразованию, слеживаемость, комкуемость и др.

Дозируемость материалов. Дозируемые материалы классифицируются по размерам частиц и насыпной плотности. Для материалов каждой группы могут быть применены общие типы дозирующих устройств

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

В классификации (табл. 1 – раздаточный материал) все материалы делятся на три большие группы: кусковые, зернистые и жидкие (текучие), о дозируемости которых судят по качественной характеристике, называемой сыпучестью. При недостаточной сыпучести питатели дозаторов следует оборудовать различного рода побудителями (ворошилками, вибраторами и т. п.).

Таблица 22. Классификация дозируемых материалов по С. П. Орлову [10]

Группа материалов	Номер группы	Размер частиц, мм	Насыпная плотность, кг/м³	Сыпучесть (текучесть) материала
Крупнокусковые	1	150	600—2500	Достаточная
Кусковые	2	50—150	500—2000	»
Мелкокусковые	3	10—50	400—1500	Достаточная, хорошая
Зернистые	4	0,5—10	300—1500	Хорошая
Порошкообразные	5	0,05—0,5	200—1000	Затрудненная
Пылевидные	6	0,05	100—500	Весьма затрудненная
Хлещевидные	7	Волокна, чешуйки	50—300	То же
Жидкие	8	—	—	Хорошая
Жидкие — вязкие	9	—	—	Достаточная
Пастообразные	10	—	—	Весьма затрудненная

Допуск на дозирование стебельных кормов может быть принят

$$\Delta = (Q_{\max} - Q_{\min}) / Q_{\text{ср}} \leq 0,1,$$

где Q_{\max} , Q_{\min} , $Q_{\text{ср}}$ расход дозатора, соответственно максимальный, минимальный и средний, кг/с или м³/с

Оценка погрешности дозирования.

Дозируемые материалы могут классифицироваться по размерам частиц и плотности (насыпной). На этой основе все материалы могут быть разделены на три большие группы: кусковые, зернистые и жидкие (текучие).

Качественной характеристикой процесса дозирования является сыпучесть.

Для количественной оценки объемного дозирования предложен метод, характеризующий дозируемость материала по показателю строгости формирования геометрической формы тела с объемом, равным объему отмериваемой порции. величина показателя дозируемости η_v рассчитывается по формуле:

$$\eta_v = (S_v - S_\phi) / S_v,$$

где S_v - суммарная площадь поверхности объема порции;

S_ϕ - сумма площадей поверхностей, зависящих от физико-механических свойств

Дозирования материала.

$$S_v = S_{eo} + S_{обр},$$

где S_{eo} и $S_{обр}$ - части общей поверхности формируемого тела, образованные углом естественного откоса и углом обрушения дозируемого материала.

Дозаторы с меньшими значениями η_v дают более высокую погрешность дозирования.

Для оценки приемлемости дозатора определенного типа для заданных условий работы рассчитывается технологический допуск на дозирование Δ :

$$\Delta = (Q_{max} - Q_{min}) / Q_{cp} \leq 0,1$$

где Q_{max} , Q_{min} , Q_{cp} - расход дозатора, соотв. максимальный, минимальный и средний, кг/с или м³/с.

При нормальном распределении значений погрешности дозатора допуск Δ может быть выражен в долях среднего квадратичного отклонения σ :

$$\delta_{max} = t_{\beta} \sigma \leq \Delta$$

где δ_{max} - наибольшая погрешность;

t_{β} - показатель достоверности при доверительной вероятности β ($\beta = 0,95$, $t_{\beta} = 1,96$);

σ - среднее квадратичное отклонение

Рабочий процесс дозирования.

В общем случае процесс непрерывно-поточного дозирования состоит в обеспечении выдачи через отверстие непрерывным потоком с переменной скоростью некоторого материала.

При объемном непрерывном дозировании основным показателем работы дозатора является его объемный расход Q_v :

$$Q_v = S_{ome} \times V_{cp}, \text{ м}^3/\text{с}$$

Где: S_{ome} - площадь сечения проходного отверстия, м²;

V_{cp} - средняя скорость истечения материала через проходное отверстия, м/с.

При массовом непрерывном дозировании массовый расход Q_m равняется.

$$Q_m = S_{ome} \times V_{cp} \rho, \text{ кг/с}$$

где ρ - плотность материала; кг/м³.

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

Изменение расхода дозаторов порционного действия достигается за счет увеличения порции q выдаваемого вещества на величину

$$\Delta q = (q_2 - q_1) \Delta t_1, t_1 = \text{const}$$

q_1, q_2 - порции вещества.

Другой путь - увеличение числа порций, выдаваемых за единицу времени при сохранении размеров порций:

$$\Delta q = q_1 (\Delta t_1 + \Delta t_2), q_1 = \text{const}.$$

Дозирование — процесс случайный, и самопроизвольное отклонение любого из трех сомножителей ($S_{\text{отв}}$, $v_{\text{ср}}$, ρ) ведет к отклонению значений расхода от заданной величины, т. е. к возникновению погрешностей.

Идеальная работа дозатора описывается равенством $Q_t = Q_p(t)$. Но в действительности из-за влияния ряда неучитываемых факторов (свойства материала, особенности конструкции дозатора и др.) возникают погрешности, и тогда уравнение работы дозатора будет иметь вид

$$Q_t - Q_p(t) = \delta$$

- действительная величина абсолютной погрешности не должна превышать допустимого значения,

$$\text{т. е. } \delta \leq \delta_{\text{доп}}$$

В кормоприготовлении допускается относительная погрешность дозаторов: объемных—10--12%, массовых—1—3%.

При заводском производстве комбикормов принято определять погрешность в зависимости от доли ингредиента, входящего в смесь по рецепту. Так, отклонения от заданного состава комбикормов не должны превышать: 10% — при дозировании ингредиентов, входящих в смесь в количестве 10%

и более от массы смеси; 0,5% — при дозировании ингредиентов, составляющих 10% смеси; 0,1% при дозировании минеральных ингредиентов.

Если $Q_{\text{д}}$ — действительный объемный расход, замеренный в опыте, то среднее значение абсолютной погрешности определится по формуле

$$\delta_{\text{ср}} = \frac{\sum (Q_{\text{д}i} - Q_p)}{n}$$

Оценочным показателем относительной погрешности непрерывного дозатора служит коэффициент вариации (%)

$$v(\delta) = \pm \frac{100\sigma}{Q}$$

где Q , м³/с — среднеарифметическое значение расхода.

для объемных дозаторов допускают $v(\delta) = 10—12\%$.

При порционном дозировании ошибка δ , дозы складывается из ошибок суммы порций, составляющих дозу корма.

Типы дозаторов.

В процессе работы дозаторы должны выполнять следующие функции.

1. Обеспечивать выдачу заданного количества материала (дозы) с требуемой точностью, т. е. обеспечивать расход материала в пределах $Q_3 \pm \Delta$. Эта задача может иметь три варианта решения: а) без регламентации времени выдачи; б) с выдачей за минимальное время $t_{\text{мин}}$; в) с выдачей за строго определенное время Δt
2. Обеспечивать расход непрерывным потоком с целью поддержания заданной подачи материала $Q(t) \pm \Delta$, выдаваемого за промежуток времени Δt .
3. Обеспечивать заданный расход одного из исходных компонентов смеси.

В поточных технологических линиях дозаторы могут представлять собой отдельные самостоятельные машины или рабочие органы, встроенные в другие машины.

Кроме этих основных требований, необходимо учитывать и другие, например способность длительной работы с дозируемым материалом (влияние липкости, агрессивной среды и т. п.), необходимость герметизации при работе с пылевидными материалами и др.

Материалы, подлежащие дозированию, хранятся в бункерах, силосах или других емкостях, расположенных обычно выше дозирующих устройств. В бункера они подаются самотеком по специальным коммуникациям — вводам (по лоткам и трубам). Поэтому, прежде всего требуется создать условия для бесперебойного потока материала.

Истечение материала из отверстия бункера (рис. 3) характерно тем, что вначале приходит в движение столб материала, расположенного над выпускным отверстием. При этом первой вытекает небольшая часть В, затем следует часть С, способствующая движению обеих частей А по поверхности В. Части В соскальзывают по стенке Е. Объем неподвижных частей в застойных зонах зависит от формы бункера и характеристики материала (угол обрушения, сыпучесть и т. п.). для предотвращения сводообразования размеры выпускного отверстия должны выбираться достаточными; так, для кускового материала рекомендуется принимать диаметр отверстия, равный 4—5 диаметрам наибольшего куска.

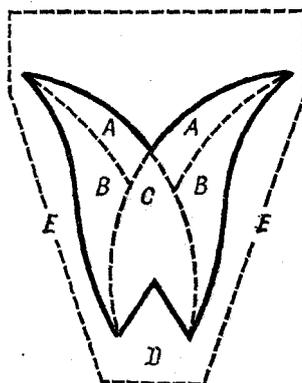


Рис. 3. Схема истечения материала на бункера

Питание дозаторов самотеком возможно только при хорошо сыпучих материалах. В технологии кормоприготовления для обеспечения равномерности потока приходится прибегать к принудительным методам подачи. Для этой цели над дозатором устанавливают специальные устройства. Устройства для подачи материала к дозаторам делятся на побудители и питатели. Побудители устанавливаются в весовых бункерах

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

массовых дозаторов или непосредственно в дозаторах объемного типа. В качестве побудителей используют различные ворошилки, рыхлители, вибраторы и другие устройства.

Питающие механизмы применяются для равномерной подачи дозируемых кормов к массовым дозаторам и могут быть: транспортерными, лотковыми, барабанными, шнековыми, тарельчатыми, вибрационными, аэрационными.

ЛЕКЦИЯ №9

«Назначение и особенности процесса смешивания кормов. Теория смешивания различных кормов. Кинетика процесса смешивания, степень однородности смеси. Оценка процессов смешивания. Механическое смешивание»

Смешиванием (или перемешиванием) называется процесс соединения объемов различных веществ с целью получения однородной смеси, т. е. создания равномерного распределения частиц каждого компонента во всем объеме смеси путем перегруппировки их под действием внешних сил. Смешивание применяют также для интенсификации процессов теплообмена и массообмена.

В технологических процессах приготовления кормов применяют механическое смешивание. Устройства, с помощью которых осуществляется этот процесс, называют смесителями, а их рабочие органы - мешалками. В зависимости от агрегатного состояния смешиваемых веществ (компонентов) требуется различное аппаратное оформление.

Наиболее просто получить систему жидкость — жидкость в виде раствора или однородной эмульсии. Трудности встречаются при смешивании твердых веществ; среди них легче смешиваются сыпучие, зернистые материалы, например зерновые компоненты при производстве комбикормов (в комбикормовой промышленности компоненты называют ингредиентами). Практически не смешиваются длинноволокнистые материалы. Поэтому приготовление смесей из стебельных кормов производят по принципу образования “слоеного пирога” путем выдачи нескольких компонентов на один сборный транспортер.

Кормовые смеси (кроме жидких) представляют собой механические – системы из сыпучих (зернистых или волокнистых) материалов, крайними состояниями которых являются полное смешение или полное распределение. Идеальный случай полного смешения частиц двух компонентов представлен на рис. 142, а. Все пробы, взятые из полностью смешанного слоя, должны иметь одинаковый состав. Однако такого состояния нельзя достигнуть в результате механического смешивания, а можно получить только попеременным укладыванием частиц двух компонентов (упорядоченное состояние).

Состояние полного смешения, определяемое статистически, является неупорядоченным состоянием. Это такое состояние, при котором нахождения частицы данного компонента в произвольной точке есть постоянная величина, равная доле этого компонента во всей массе. Неупорядоченное состояние может быть достигнуто в технологической операции смешивания.

При смешивании сухих компонентов с влажными увеличение относительной влажности до 14— 15% способствует повышению однородности смеси. Дальнейшее увеличение влажности требует увеличения времени смешивания.

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

При смешивании сыпучих компонентов большое значение имеют соотношения показателей их плотностей и объемов. Чем это соотношение ближе к единице, тем быстрее и легче происходит процесс смешивания и достигается необходимая степень однородности смеси. Это необходимо учитывать при выборе наполнителя для приготовления обогатительных смесей (БВД, премиксы).

Чем меньше размеры частиц компонентов и чем более выравненным является их гранулометрический состав, тем легче получить заданную однородность смеси. Если средние размеры частиц одного компонента значительно отличаются от размеров частиц другого, то однородную смесь получить трудно.

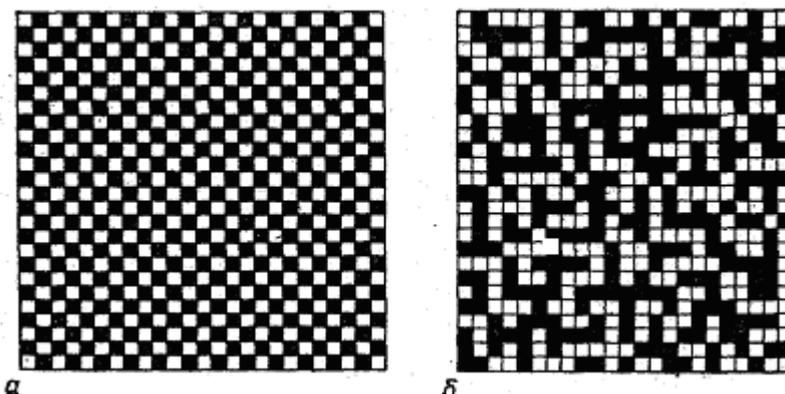


Рис. 1 Состояние полного смешения двухкомпонентной смеси:

а – упорядоченное состояние (укладка); б – неупорядоченное состояние (смесь).

Под термином ‘соотношение компонентов’ понимается отношение количества большего компонента к меньшему. Чем меньше это соотношение (в пределе равно единице), тем быстрее при всех прочих равных условиях достигается заданная степень однородности.

Смешивание (или перемешивание) производят разными способами. В технике наиболее распространено смешивание при помощи: 1) движущихся лопастей; 2) вращения камеры (резервуара) смесителя; 3) пропускания массы через сопла; 4) сжатого воздуха, пара или жидкости; 5) вибраций, ультразвука, электрогидравлического эффекта и пр. Первые три способа 4 называются механическими, четвертый - пневматическим, последние — кавитационными, или импульсными. Смешивание может быть основным или сопутствующим технологическим процессом.

Степень однородности смеси.

Количественной характеристикой завершенности процесса смешивания является степень однородности смеси, представляющая собой массовое отношение содержания контрольного компонента в анализируемой пробе к содержанию того же компонента в идеальной смеси (рецептурной), выраженное в процентах или долях единицы.

Для определения степени Θ однородности на основе анализа взятых проб применяют различные формулы, из которых более распространенной является формула

$$\text{А. А. Лапшина:} \quad \text{при } B_i < B_0 \quad \Theta = \sum \frac{\left(\frac{B_i}{B_0} \right)}{n}, \}$$

$$\text{при } B_i > B_0 \quad \frac{\sum [(2B_0 - B_i) \div B_0]}{n},$$

где n - число проб;

B_i - доля меньшего компонента в пробе;

B_0 - доля меньшего компонента в идеальной (расчетной) смеси.

В комбикормовой промышленности об однородности смеси судят по коэффициенту вариации.

Применительно к обозначениям формулы (194) степень однородности будет

$$\Theta = \frac{100 \sqrt{\sum (B_i - B_0)^2} / n - 1}{B_i}.$$

Практически процесс смешивания следует рассматривать как вероятностный и степень однородности зернистой смеси определять путем отбора проб из смеси с последующим статистическим анализом. В качестве определяющего свойства при этом могут быть приняты:

число зерен данного компонента в пробе или его массовая доля, размеры зерен, площадь поверхности контактов и другие признаки.

В результате получаются группы чисел, характеризующие состав n проб по интересующему нас признаку; они обрабатываются методами математической статистики.

Если действительное (или заданное расчетом) среднее содержание исследуемого компонента в смеси обозначить через ρ , то формулы для среднеквадратических отклонений теоретического σ_T и эмпирического σ_3 распределений получат вид

$$\sigma_T = \pm \sqrt{\sum (x_i - \rho) \div (n - 1)} \quad \text{и} \quad \sigma_3 = \pm \sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \div (n - 1)},$$

где x_i - содержание компонента в i -ой пробе;

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

\bar{x} - среднее арифметическое содержание того же компонента, найденное в опыте.

О степени однородности смеси можно судить также по отношению среднеквадратических отклонений

$$\Theta_{\sigma} = \frac{\sigma_T}{\sigma_{\sigma}}$$

Разбросанность теоретического распределения (σ_T) всегда меньше, чем у эмпирического, и поэтому значение Θ_{σ} меняется от 0 до 1.

Учитывая, что в идеальной смеси $\sigma_{\sigma} \approx \sigma_T$, по величине Θ_{σ} можно судить и о степени завершенности процесса смешивания. Если же в формулу (197) подставлять текущие значения $\sigma_{\text{тек}} = f(t)$, то можно проследить всю кинетику этого процесса.

Показатель σ_{σ} однородности характеризует рассматриваемую смесь как статистическую систему.

Преимущество показателя Θ_{σ} состоит в том, что значение его зависит только от точности и надежности данных, получаемых в опыте. Зоотехнические требования допускают иметь нижний предел однородности или неравномерности смешивания, для каждого компонента лент, при котором наступает полное смешение. Процесс смешивания можно считать завершенным при наличии в смеси действительного количества комбикорм и концентратов 97%, сочных кормов 93%, жидких кормов и воды 95% и минеральных добавок 98% (от заданного в рецепте).

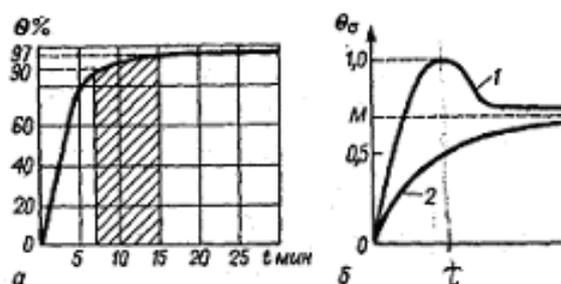


Рис. Кривые кинетики процесса смешивания:

А – зависимость степени Θ однородности смеси от продолжительности смешивания; б- характер обратного процесса (сегрегации); М – М равновесное состояние смеси.

В производственных условиях кормоцехов без какого либо заметного отрицательного влияния на продуктивность животных и птицы считается достаточным получать степень однородности кормовых смесей (по комбикорму в качестве контрольного компонента) в пределах, указанных в табл. 23.

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

Т а б л и ц а **Степень однородности кормовых смесей, допускаемая зоотехническими требованиями.**

Назначение смеси	Степень однородности, %
Смеси для:	
Поросят в возрасте до 4 мес.	93
Свиней всех групп старше 4 мес.	85-90
Птицы	90
Крупного рогатого скота	84-88
Комбикорм собственного производства для всех видов животных	90-95

Рабочий процесс смесителя.

В теории смешивания важное место занимают вопросы, направленные на изучение самого механизма смесеобразования, которое в зависимости от конструкции рабочих органов смесителей протекает по-разному.

П. М. Лацей (Англия) выделяет следующие пять основных процессов, протекающих в аппарате с мешалкой.

1. Образование в массе слоя скользящих друг по другу плоскостей - срезающее смешивание.
2. Перемещение групп частиц из одного положения в другое - конвективное смешивание.
3. Перемена позиции единичными частицами слоя — диффузионное смешивание.
4. Рассеяние единичных частиц под влиянием их столкновений или ударов о стенки аппарата - ударное смешивание.
5. Деформация и растирание частиц - измельчение в зависимости от типа смесителя и структурно – механических свойств компонентов получает преобладающее значение один или несколько из указанных процессов.

При исследовании процессов смешивания сухих и влажных рассыпных кормов изучается главным образом кинетика изменения массовой доли взаимодействующих компонентов. При этом установлено, что полного смешивания можно достигнуть только в идеальной системе.

В реальных системах наблюдаются два взаимно противоположных процесса- смесеобразование и сегрегация (обратное разделение смеси на составляющие компоненты). Так, по данным Е. А. Раскатовой и П. К. Жевлакова, установлено, что по истечении некоторого времени смешивания компонентов комбикорма наступает предельно равновесное состояние смеси, известное под названием динамическое равновесие, при котором, несмотря на продолжающееся пространственное перераспределение частиц, массовая доля исследуемого компонента в выделенной из

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

общего объема пробе практически не меняется; поэтому продолжать дальнейшее смешивание оказывается бесполезным.

Если частицы компонентов отличаются размерами формой или плотностью, то в системе возникают упорядывающие явления, вызывающие неоднородность конечной смеси; происходит укладка частиц. После достижения состояния “динамического равновесия” в такой системе при продолжении процесса смешивания степень однородности уменьшается и смесь вообще не достигает состояния полного смешивания.

Если результат оценивать показателем увеличения массовой доли контрольного компонента, то в общем случае будет иметь вид

$$v_{см} = dC_i \div dt = f_{II}(t) - f_o(t),$$

где $v_{см}$ - интенсивность процесса смесеобразования, 1/с;

C_i - доля контрольного компонента, г/г;

t - продолжительность процесса смешивания, с;

f_{II}, f_o - интенсивности прямого и обратного процессов 1/с.

Из уравнения кинетики видно, что интенсивность работы смесителя можно повысить за счет уменьшения скорости обратного процесса (сегрегации) $f_o f(t)$. Этого можно добиться путем выравнивания гранулометрического состава исследуемого компонента, например предварительным сортированием или дополнительным измельчением с получением более тонкого помола.

Для смешивания взаимнорастворяющихся жидкостей, когда преобладает диффузионный процесс, уравнение кинетики имеет вид

$$\Theta_{жс} = 1 - e^{-kt},$$

где $\Theta_{жс}$ - Степень однородности жидкой смеси;

t - продолжительность процесса смешивания, с;

k - коэффициент, характеризующий интенсивность смешивания, зависящий от критерия Рейнольдса (чем больше k , тем меньше времени требуется для достижения одинаковой степени однородности).

Для смешивания сыпучих и тестообразных материалов проф.А. И. Пелеев рекомендует длительность t процесса определять по формуле

$$t = \ln[C_H \div (C_H - C_K)] \div \rho,$$

где C_H и C_K - массовая доля компонентов в начале и конце процесса;

ρ - постоянный параметр, определяемый экспериментально для данных условий.

Практикой установлено, что максимальная загрузка не должна превышать 0,8 от геометрического объема смесителя для жидких кормов влажностью 70% и менее и 0,7 -

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

для густых кормов. При этом наиболее интенсивно корма смешиваются в течение первых 10 мин, затем процесс сильно замедляется, и через 30 - 40 мин, однородность смеси практически не изменяется. Поэтому принято прекращать смешивание через 20 мин после загрузки в смеситель последнего компонента.

ЛЕКЦИЯ №10

«КОРМОРАЗДАТЧИКИ»

Зоотехнические требования к технологии раздачи кормов.

Состояние здоровья, продуктивность животных и птицы зависят не только от качества и полноценности их питания, но в значительной мере от своевременности выдачи кормов. Нарушение технологической дисциплины обслуживающим персоналом, распорядка дня и временных допусков приводит к разрушению стереотипа в обслуживании животных, а вместе с тем и к снижению их продуктивности. Вот почему правильная организации раздачи кормов животным имеет весьма важное значение. По трудоемкости она составляет 30—40% от общих трудовых затрат по уходу за животными и птицей.

К кормораздающим устройствам предъявляются следующие зоотехнические требования: обеспечить равномерность и точность раздачи корма, его дозировку индивидуально каждому животному (например, концентраты — по суточному надюю) или группе животных (силос, сенаж и другие корма или зеленая подкормка); исключить загрязнение корма, расслаивание его по фракциям; исключить травмирование животных; обеспечить электробезопасность. Отклонение дозы от предписанной нормы на 1 голову для стельных кормов допускается в пределах 15%. Возвратимые потери корма не должны превышать -1 %, а невозвратимые потери не допускаются. Продолжительность операции раздачи кормов в одном помещении не должна превышать 30 мин при использовании мобильных средств и 20 мин — при раздаче стационарными средствами.

Кормораздатчики должны быть универсальными в отношении возможности выдачи всех видов кормов; иметь высокую производительность и возможность регулирования нормы выдачи на 1 голову от минимальной до максимальной в зависимости от принятого рациона; не создавать излишнего шума в помещении; легко очищаться от остатков корма и других загрязнений; быть надежными в работе, иметь окупаемость не более 2 лет, а коэффициент готовности не менее 0,98.

Кормораздатчик выполняет две операции: перемещение, т. е. транспортировку, корма от места загрузки до точки выдачи и дозированное распределение его вдоль фронта кормления с выдачей в кормушку порции, равной установленной норме. Функция дозированного распределения является главной в отличает кормораздаточные устройства от обычных транспортирующих средств. Именно этим обусловлено многообразие конструкций кормораздатчиков, учитывающих различные типы животноводческих помещений, системы и способы содержания животных и птицы, физико-механические свойства кормов и способы кормления.

Все кормораздатчики делятся на два типа — стационарные и мобильные. В свою очередь мобильные могут быть прицепными навесными, приводными и самоходными, а стационарные в зависимости от типа кормонесущего органа — механическими или транспортерными, пневматическими, гидравлическими и гравитационными (самотечные).

При силосно-сенажно-концентратном и сенажно-концентратном типе кормления на молочных фермах промышленного типа с блочной и компактно-павильонной застройкой чаще применяют стационарные раздатчики в сочетании с мобильными средствами доставки кормов. Такие поточные технологические линии наиболее эффективны в эксплуатации.

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

Стационарные кормораздатчики.

На фермах крупного рогатого скота применяют стационарные кормораздатчики — цепочно- ленточный ТВК-80Б внутри кормушек и ленточный РК-50 над кормушками, позволяющие раздавать все виды кормов в измельченном виде. Раздатчик кормов РК-50 (рис. 1) в коровнике на 200 голов обслуживает четыре кормовых ряда и состоит из двух транспортеров раздатчиков 1, поперечного транспортера 2, наклонного транспортера 3 и пульта управления, расположенного в кормовом отделении, где производится загрузка кормов в раздатчик. Все транспортеры ленточные, и каждый имеет свой электропривод.

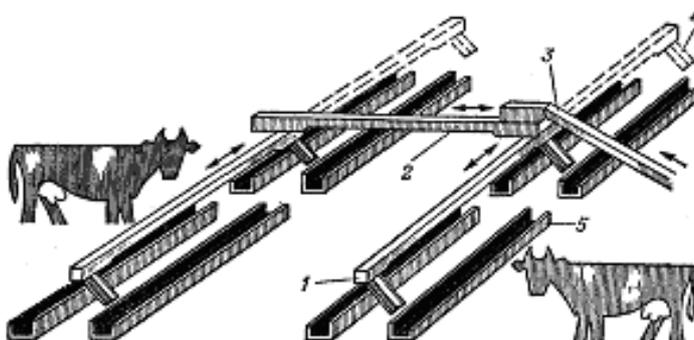


Рис. 1. Стационарный раздатчик кормов (схема):

1 — транспортер-раздатчик; 2 — поперечный транспортер; 3 — наклонный транспортер; 4 — поворотный направляющий лоток; 5 — кормушка.

Транспортеры-раздатчики установлены над кормушками на высоте 1,6—2,1 м при ширине кормового прохода до 1,4 м. Поперечный и наклонный транспортеры расположены над транспортерами-раздатчиками в среднем поперечном проходе коровника.

Транспортер-раздатчик состоит из привода, секций, конвейерной ленты, поддерживающих и опорных роликов ленты, направляющих желобов, роликов перемещения транспортера-раздатчика и натяжного устройства. Конвейерная резиновая лента — основной рабочий орган раздатчика, она опирается на ролики и барабаны-коноиды.

Транспортер-раздатчик одновременно обслуживает одну половину ряда и вдоль ряда перемещается по направляющим (швеллер № 6,5) на роликах с ребордами. Привод раздатчика включает зубчатую передачу и барабаны-коноиды, на которые в два витка намотан канат (трос), концы которого закреплены в направляющих. К направляющим также прикреплена подвеска кабель-шторы для питания током электродвигателя.

При загрузке РК-50 мобильным кормораздатчиком КТУ-10 рабочий процесс происходит следующим образом. Оператор, находящийся в помещении коровника, включает наклонный и поперечный транспортеры и подает звуковой сигнал трактористу, находящемуся в кормовом отделении, разрешающий включить ВОМ трактора и начать выгрузку корма из КТУ-10 в приемный ковш РК-50. В момент поступления корма на транспортер-раздатчик оператор включает его и наблюдает за процессом раздачи корма. Звуковой сигнал трактористу о прекращении подачи корма подается автоматически. Тракторист выключает ВОМ трактора, но корм, оставшийся на наклонном и поперечном транспортерах, продолжает поступать в кормушки 5. При подходе раздатчика в крайнее положение он автоматически выключается — раздача корма прекращается.

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

По окончании раздачи корма в первый ряд кормушек 5 оператор поворачивает направляющий лоток 4 для раздачи во второй ряд кормушек, и производственный цикл повторяется. Позднее включается в работу второй раздатчик, управление которым производится аналогично первому.

Норма выдачи корма регулируется изменением скорости продольного транспортера мобильного кормораздатчика КТУ- 10.

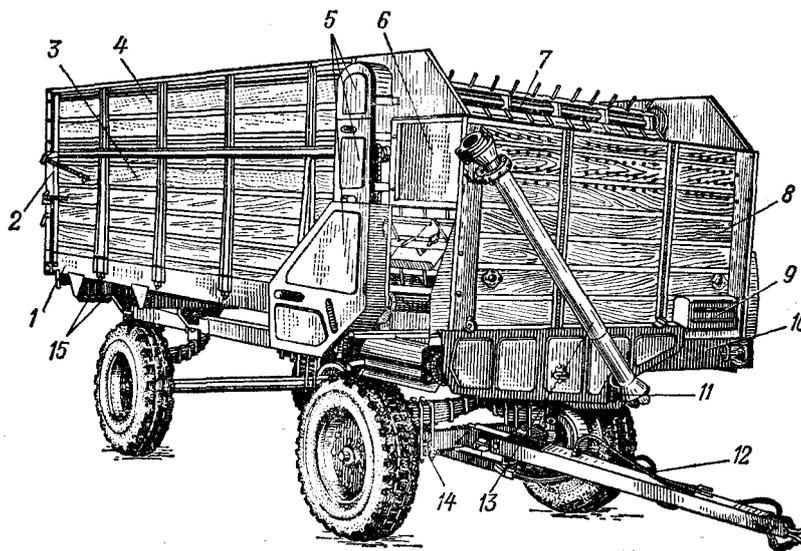


Рис. 2. Кормораздатчик КТУ-10:

1 — днище; 2 — задний борт; 3 — боковой борт; 4 — надставной борт; 5 — ограждение передаточных механизмов; 6 — выгрузное окно; 7 — блок битеров; 8 — передний борт; 9 — инструментальный ящик; 10 — поперечный транспортер; 11 — привод раздатчика; 12 — тормозное устройство; 13 — вал телескопический; 14 — ходовая часть; 15 — задний фонарь и указатель поворота

Мобильные кормораздатчики.

На фермах крупного рогатого скота широкое распространение получили прицепные бункерные кормораздатчики с приводом от МОМ трактора. Практика показывает, что мобильные раздатчики могут применяться с наибольшей эффективностью при наличии на территории фермы кормовых площадок и подъездных путей с твердым покрытием. Это позволяет обеспечить удобный подъезд трактора с кормораздатчиком к местам складирования кормов, животноводческим помещениям, непосредственно к кормушкам и исключить возможность загрязнения колесами агрегата кормовых проходов в помещениях. Кормовые проходы должны иметь ширину не менее 2 м, а кормушки — высоту задней стенки не более 0,75 м.

Внутрифермские перевозки кормов производят на небольшие расстояния. Цикловая производительность мобильных кормораздатчиков зависит главным образом от продолжительности нахождения их под погрузкой, поэтому для загрузки необходимо иметь механические загрузчики.

Кормораздатчик тракторный универсальный КТУ- 10 (рис. 2) предназначен для перевозки и раздачи в кормушки на одну или на две стороны измельченных стебельных кормов. Он представляет собой двухосный прицеп на рессорах и пневматических шинах.

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

Основные узлы машины: ходовая часть 14 с днищем 1, привод, раздающие устройства 7 и 10, тормозная система и система электрооборудования.

Ходовая часть с днищем включает оси с колесами, рессоры, тягово- сцепное устройство и два совместно работающих цепочно-планчатых полотна продольного транспортера с натяжным устройством. К при воду кормораздатчика относятся: вал 13 телескопический, привод 11 раздатчика (передает вращение от телескопического вала к редуктору и поперечному транспортеру 10), приводы продольного, выгрузного транспортеров, конический редуктор и привод блока 7 битеров.

Транспортерно-битерное дозирующе-выгрузное устройство состоит из блока битеров и поперечного транспортера 10; оно работает в сочетании с продольным транспортером. При раздаче корма на две стороны устанавливаются два малых полотна, а при раздаче на одну сторону — одно общее полотно, собранное из двух малых.

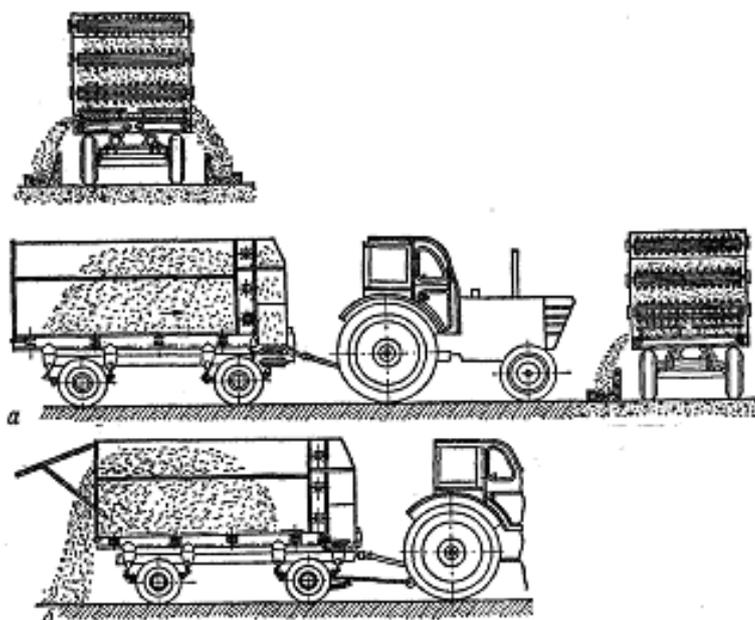


Рис. 3. Технологическая схема работы кормораздатчика КТУ-10:

а — при боковой раздаче; б — при продольной раздаче

При боковой раздаче в кормушки продольный транспортер (Рис. 3) подает кормовой монолит в бункере вперед по ходу трактора, т. е. к блоку битеров и поперечному транспортеру. При продольной раздаче «на пол» или в сдвоенные кормушки с низкими бортами, над которыми может проходить кормораздающий агрегат, направление движения продольного транспортера меняется путем перестановки кожуха храпового механизма.

Норма выдачи корма регулируется изменением скорости движения продольного транспортера и поступательной скорости агрегата

Грузоподъемность кормораздатчика 3500 кг, максимальная вместимость бункера с надставными бортами 10 м. Колея колес 1600 мм, транспортный просвет 300 мм.

МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ РАЗДАЧИ КОРМОВ НА СВИНОВОДЧЕСКИХ ФЕРМАХ

1. Особенности технологии раздачи кормов в свиноводстве.

В зависимости от принятого способа кормления свиней и вида корма : (жидкие, сухие корма или влажные мешанки) применяют специализированные средства раздачи кормов.

Кормление животных может производиться или в помещениях свинарников, в которых они содержатся, или в отдельных помещениях, оборудованных групповыми кормушками.

При этом преобладают кормораздающие устройства стационарного типа, среди которых особое место занимают гидротранспортные и пневмогидротранспортерные установки, получившие распространение на свиноводческих комплексах.

2. Стационарные кормораздающие устройства.

Гидротранспортерные установки. Технологические схемы транспортирования и раздачи жидких кормов по трубам сжатым воздухом или насосами представлены на рис. 4. Из смесителя 1 (рис. 4, а) готовый корм подается в промежуточную емкость 2, откуда он самотеком поступает в один из продувочных котлов (камерный питатель) 3. Перед продувкой закрывают вентиль на трубе между котлом 3 и емкостью 2 и открывают вентиль на воздухопроводе от ресивера 9, связанного с компрессором 10. Корм под давлением воздуха по магистральному кормопроводу 4 нагнетается в бункеры-накопители 6, установленные на свинарниках. В случае необходимости при переключении магнитного клапана корм можно направить в самокормушки 5, расположенные на кормовых площадках между свинарниками. Из бункера-накопителя 6 корм перед раздачей самотеком поступает в кормопровод-дозатор 7, вместимость которого регулируется в соответствии 1, с нормами кормления и обслуживаемым поголовьем. Дно кормопровода-дозатора по фронту кормления имеет выпускные окна, перекрытые заслонками, соединенными с тяговым тросом. Все окна открываются одновременно, автоматически, в результате кормушки 8 заполняются по всему фронту кормления.

Вместимость продувочного принимают равной объему корма на одно кормление животных, размещенных в свинарнике. Котел снабжают улавливателем посторонних предметов в виде отстойника на 0,5 м³. Кормопровод изготовляют из стальных или асбоцементных труб Ø 2 75—150 мм.

При перекачке корма по трубам после раздачи часть его остается в кормопроводе. Для удаления остатков корма систему промывают водой; при этом часть корма теряется. Избежать потерь корма можно, если использовать резиновые разделительные шары и оборудовать систему пускоулавливающим устройством этих шаров. При подаче корма с помощью разделителей кормопроводы после раздачи остаются чистыми.

Магистральные кормопроводы на комплексах имеют протяженность до нескольких сот метров. На них нужно устанавливать компенсаторы, обеспечивающие изменение длины кормопровода в зависимости от колебаний температуры, а также устройства для отвода воздуха (вантузы). Через 40—50 м следует устанавливать также патрубки с глухими крышками, позволяющие в случаях закупорки труб про изводить очистку их и промывку линии.

На рис. 4 показана технологическая схема раздачи жидких кормов (комбикорм разбавлен водой в соотношении 1 3) в свинарниках второго периода супоросности на

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

комплексах «Кузнецовский» и др. (на 108 тыс. свиней). Из кормоприготовительного цеха жидкий корм подается в свинарники по кормопроводу 4 насосом.

Вся система раздачи может работать в автоматическом режиме с управлением с пульта в кормоприготовительном отделении и с ручным управлением на месте. После каждой раздачи кормопровод заполняют водой для исключения закисания остатков корма.

При работе в автоматическом режиме оператор с пульта управления в кормоприготовительном отделении (в другом помещении) подает команду, по которой в свинарнике начинается движение по зубчатой рейке — селекторная тележка (на схеме не показана).

Перемещаясь параллельно рядам кормушек, селекторная тележка открывает и закрывает быстродействующие задвижки на кормопроводу 4, в результате кормушки последовательно заполняются кормом. Пройдя вдоль всего помещения, тележка автоматически переключается и возвращается в исходное положение. Таким образом, система автоматического управления обеспечивает раздачу жидких кормов в свинарниках без вмешательства человека.

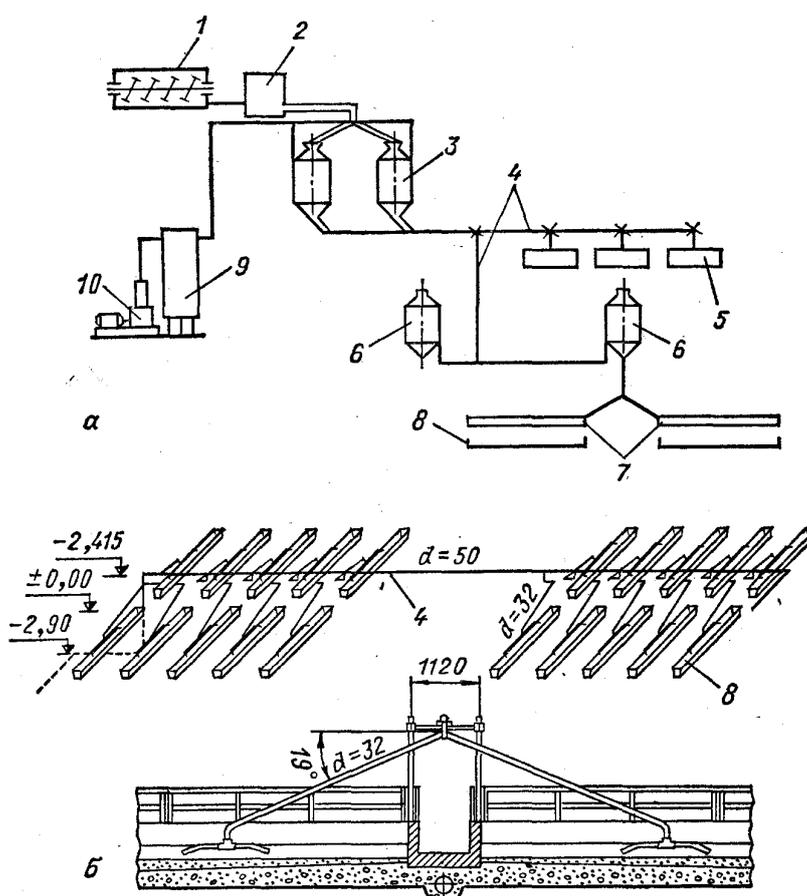


Рис. 4. Схемы раздачи жидких кормов по трубам:

а - сжатым воздухом; б — насосом.

Расчет кормораздатчиков

Выбор механизированных средств раздачи кормов осуществляют в зависимости от способа содержания животных и птицы, режимов и рационов кормления, консистенции кормов, а также состава и структуры поточных линий кормоприготовления, с которыми непосредственно стыкуются линии погрузки, транспортирования, складирования и распределения кормов.

Общее размещение средств раздачи кормов в помещениях и компоновка их в поточных линиях определяются нормами технологического проектирования и зоотехническими требованиями.

Качество выполнения процесса характеризуется равномерностью распределения корма по фронту кормления и точностью выдачи заданной дозы в соответствии с принятыми нормами кормления. Неравномерность распределения корма вдоль ряда кормушек допускается

для стебельных кормов 15%,

для концентратов 5%.

Погрешность при дозировании комбикормов допускается не более 5%, а потери кормов — не более 1 %. Отклонения компонентов от нормы, выраженные в кормовых единицах, не должны превышать 5—8%.

С целью упорядочения кормления, устранения потерь кормов и совершенствования производственной эксплуатации технологического оборудования в животноводстве разрабатывается научно обоснованная система технологических допусков. В частности, разрабатываются допуски на неравномерность распределения корма по фронту кормления и на точность настройки кормораздающих механизмов. Известно, что как недокорм, так и перекорм животного ведет к снижению уровня продуктивности.

Расчет линии раздачи кормов с ленточными раздатчиками

Суточную норму расхода i -го вида корма на одну голову j -й поло - возрастной группы животных или птицы обозначим через q_i (кг). При этом массовый суточный расход $Q_{i,сут}$ i -го вида кормов составит

$$Q_{i,сут} = \sum q_i m_j$$

где m_j – число голов j – той группы на ферме;

где t

Суммарный суточный расход кормовых смесей составит

$$Q_{сут} = \sum_{i=1}^k Q_{i,сут}$$

где k - число разных видов кормов в готовой смеси.

Разовая дача корма $Q_{раз}$ (кг) всему поголовью за одно кормление будет

$$Q_{раз} = Q_{сут} / K_{р}$$

где K — кратность кормления ($K = 2—3$).

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

Такое количество корма необходимо выдать всему поголовью фермы

за время i кормления, продолжительность которого предусмотрена расписанием дня фермы.

Расход кормораздающей системы $W_{к.с}$ (кг/с), т. е. поточных линий всех жив помещений, составит

$$W_{к.с} = Q_{раз}/t_{к.с}$$

Для случая, когда корм от мест хранения доставляют к животноводческим помещениям тракторными кормораздатчиками, на ферме потребуется n_k , таких кормораздатчиков

$$n_k = W_{к.с}/W_{м.к}$$

где $W_{м.к}$ — расход одного мобильного (бункерного) раздатчика, кг/с.

Расход мобильного кормораздатчика определяется по формуле

$$W_{м.к} = V \rho k_{и} \varphi_{зап} / t_{ц}$$

где V — вместимость бункера, м

ρ — плотность укладки корма в бункере, кг/м

$k_{и}$ — коэффициент использования рабочего времени ($k_{и} = 0,75—0,8$);

$\varphi_{зап}$ — коэффициент заполнения бункера ($\varphi_{зап} = 0,8—0,9$);

$t_{ц}$ — время цикла, с.

Время цикла включает время загрузки $t_{загр}$ бункера кормом, время передвижения $t_{п}$ нагруженного агрегата со скоростью $v_{агр}$ и время холостого хода $t_{х.х}$ при скорости $v_{х.х}$, а также время разгрузки $t_{разг}$, равное времени раздачи корма в кормушки или перегрузки его в при емный бункер стационарного кормораздатчика.

При указанных обозначениях время цикла $t_{ц}$, определяется по формуле

$$t_{ц} = t_{загр} + t_{разг} + (l/v_{агр}) + (l/v_{х.х}),$$

где l —длина пути, м.

Расход стационарных кормораздающих устройств, расположенных непосредственно в кормушках (типа ТВК-80Б), определяют с учетом скорости транспортирования корма вдоль фронта кормления и массы корма, приходящейся на одно скотоместо.

По опытным данным, оптимальная скорость ленты или платформы раздатчика равна около 0,5 м/с.

Рекомендовано определять расход стационарных кормораздатчиков по формуле

$$W_{с.к} = q_m v_l k_{ск}$$

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

где q_m — масса корма, приходящаяся по норме на 1 м длины кормушки, или расчетная линейная плотность корма, кг/м;

v_t — скорость транспортирующего органа, м/с;

$k_{ск}$ — коэффициент снижения скорости корма из-за скольжения его по ленте транспортера (буксование) ($k_{ск} = 0,94$

Расчетная линейная плотность корма определяется по отношению

$$q_m = q m_0 / l_k,$$

где q — норма разовой выдачи корма на одну голову согласно рациону, кг; -

m_0 — число голов на одно кормоместо;

l_k — длина кормоместа, м.

При проектировании поточных линий со стационарными раздатчиками необходимо знать число кормораздающих линий в животноводческом помещении, которые могут обеспечить раздачу корма в соответствии с установленной нормой, а также плотность размещения животных или посадки птицы на единицу полезной площади помещения.

Полезная площадь S_n животноводческого помещения равна

$$S_n = L_n B_n - S_{пр},$$

где L_n , и B_n — длина и ширина помещения, м;

$S_{пр}$ — площадь проходов и тамбурон, м

Плотность δ (голов/м²) размещения животных или посадки птицы на единицу площади помещения составляет

$$\delta = m_n / (L_n B_n - S_{пр}),$$

где m_n — число голов в помещении.

Тогда необходимое число n линий в одном помещении будет равна

$$n_{л} = l_{ф.к} \delta B_n = l_{ф.к} B_n m_n / (L_n B_n - S_{пр}),$$

где $l_{ф.к}$ — удельный фронт кормления, т. е. длина кормушки, приходящейся на 1 голову по нормам технологического проектирования, м.

Расчет мобильных бункерных кормораздатчиков.

При проектировании бункерного кормораздатчика требуется определить необходимый объем бункера, скорости транспортеров и линейную плотность распределяемого корма, исходя из потребной производительности и зоотехнических требований (нормы и продолжительность кормления).

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

Определим геометрический объем бункера, вместимость которого должна быть достаточной (при одноразовой загрузке бункера), чтобы обслужить полностью одну или несколько линий раздачи в одном помещении, а при малом массовом расходе — одно или несколько помещений. Иначе говоря, вместимость бункера должна быть равной или кратной массе корма, потребного для выдачи его в один ряд стойл, станков или клеток.

При этом условии потребная масса M_6 (кг) корма в бункере определится по формуле

$$M_6 = q_{i,p} m_{j,p} n_p k_3, \quad (*)$$

где $q_{i,p}$ — разовая дача корма (норма выдачи), кг на 1 голову;

$m_{j,p}$ — число голов в ряду;

n_p — число рядов обслуживаемых животных в помещении;

k_3 — коэффициент запаса корма ($k_3 = 1,05—1,1$).

Объем V_6 бункера найдем по формуле $V_6 = \frac{M_6}{\rho \varphi_{зан}}$, или, с учетом формулы (*),

получим

$$V_6 = q_{i,p} m_{j,p} n_p k_3 / (\rho \varphi_{зан}).$$

Из конструктивных размеров бункера расчетом определяют его длину l_6 , а ширина b_6 и высота h_6 выбираются с учетом ширины кормовых проходов в помещениях и высоты проемов въездных ворот, предусмотренных в типовых проектах животноводческих помещений,

$$l_6 = V_6 / (b_6 h_6).$$

Далее требуется определить скорость V_n (м/с) продольного транспортера, с которой монолит корма в бункере перемещается к дозирующе-выгрузному устройству. Она должна быть достаточной для того, чтобы обеспечить распределение корма по фронту кормления с линейной плотностью q_m (кг/м). При этом агрегат, состоящий из трактора и кормораздатчика, движется вдоль ряда кормушек со скоростью $v_{агр}$ (м/с). Непрерывность процесса раздачи будет обеспечена, если подача корма продольным транспортером будет равна подаче кормораздающего агрегата, т. е. должно быть выполнено условие

$$q_0 v_n = q_m v_{агр}, \quad (**)$$

где q_0 — масса корма, приходящаяся на 1 м перемещения монолита в бункере,

При высоте монолита h ширине b и перемещении его на 1 м масса q_0 составит

$$q_0 = b h \rho. \quad (***)$$

Из формулы (**) найдем необходимую скорость подающего транспортера, которая с учетом формулы (***) будет

$$v_n = (q_m / q_0) v_{агр} = q_m v_{агр} / (b h \rho).$$

Если учесть возможное отставание кормового монолита от цепи продольного транспортера и оценить это отставание коэффициентом $k_0 = 0,94.—0,96$, а также учесть

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

возможность буксования трактора в помещении и снижение его скорости оценить коэффициентом $k_6 = 0,95—1$, то при односторонней выдаче корма расчетная формула для определения средней скорости продольного транспортера будет иметь вид

$$v_{п.ср} = q_m v_{агр} k_6 / (b h_1 \rho k_0).$$

При наличии в кинематической схеме привода транспортера храпового механизма действительная скорость его будет изменяться от нуля до максимального значения, т. е. $0 < v_{п.ср} < v_{п.макс}$. Полученная по формуле средняя скорость равна половине $v_{п.макс}$.

Для случая двусторонней раздачи скорость продольного транспортера, т. е. перемещения корма, должна быть увеличена вдвое. Это обеспечивается механизмом регулирования расхода.

Согласно технологическому процессу бункерного раздатчика битера отделяют порции корма от основного монолита, рыхлят его и перебрасывают на выгрузной цепочно-планчатый транспортер, подача которого должна быть равна подаче продольного транспортера и согласована с поступательной скоростью агрегата. Это требование будет выполнено при условии

$$b_1 h_1 \rho v_{в.т} k_{ск} k_k = b h_1 \rho v_{п} k_0 = q_m v_{агр} k_6,$$

где b_1 — ширина желоба выгрузного транспортера, м;

h_1 — высота слоя корма на выходе из желоба, м;

$v_{в.т}$ — скорость выгрузного транспортера, м/с;

$k_{ск}$ — коэффициент скольжения корма ($k_{ск} = 0,8—0,97$);

k_k — коэффициент, учитывающий потери конструктивного объема желоба выгрузного транспортера при размещении в нем тяговой цепи с планками ($k_k = 0,95—0,98$).

Расчетная формула для скорости $v_{в.т}$ выгрузного транспортера будет иметь вид

$$v_{в.т} = q_m v_{агр} k_6 / (b_1 h_1 \rho k_{ск} k_k).$$

Для кормораздатчика КТУ-10 приняты следующие скорости: $v_{п} = 0,011—0,11$ м/с; $v_{в.т} = 1,68$ м/с, $v_{агр} = 1,7$ м/с.

Особенности рабочего процесса мобильных кормораздатчиков.

Для повышения равномерности распределения корма при раздаче его целесообразно заменить транспортерно-битерный дозирующе-выгрузной механизм более эффективным дозирующе-выгрузным устройством транспортерного типа (рис. 209, б) с одним или двумя транспортерами.

В дозирующе-выгрузном механизме блок битеров отделяет порции корма от надвигающегося на него монолита и передает их на выгрузной транспортер.

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

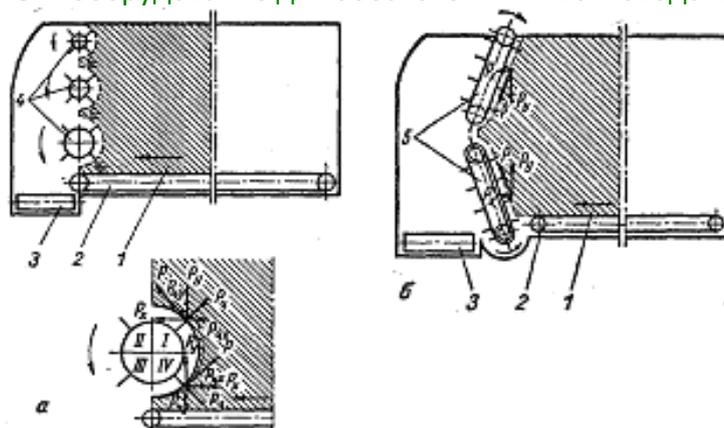


Рис. 5. Схемы Дозирующе-выгрузных устройств:

а — транспортерно-битерного; б — траиспортерного: 1 — бункер; 2 — продольный транспортер; 3 — выгрузной транспортер; 4 — блок битеров; 5 — кормоотделители.

Из схемы сил, действующих со стороны пальца, видно, что отделение порций корма от монолита происходит под воздействием окружного усилия P пальцев, составляющими которого являются горизонтальная P_x и вертикальная P_y , силы. Горизонтальная составляющая в I квадранте направлена по ходу бурта корма и стремится отделить от него частицы, соприкасающиеся с пальцем, и затем перебросить их на всгрузной транспортер. В IV квадранте эта составляющая направлена против поступательной скорости подающего транспортера и не отделяет частицы от монолита, а наоборот, внедряет их в пограничную зону, тормозя перемещение корма в бункере. Внедренные в пограничную зону частицы протаскиваются пальцами битеров внутрь нее, при этом затрачивается бесполезная работа, не связанная с процессом отделения и раздачи корма.

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

Раздатка к дроблению и измельчению

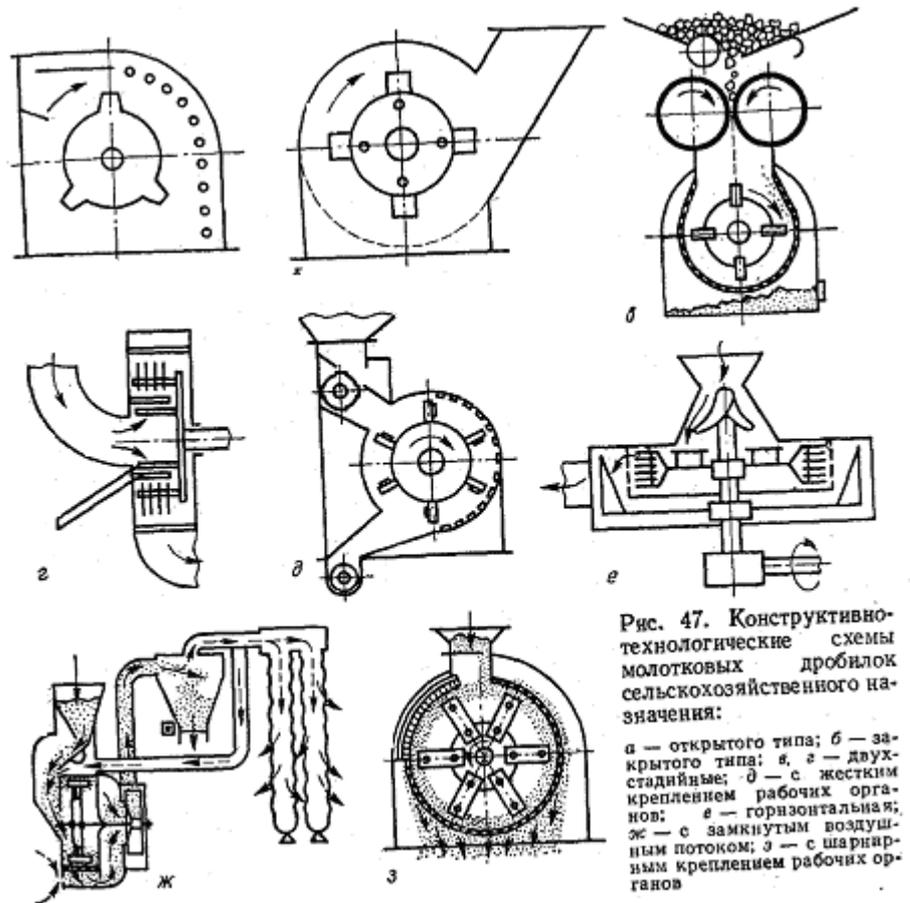
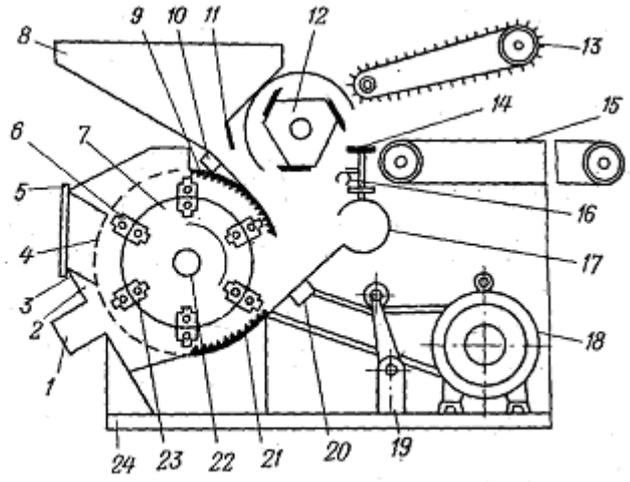


Рис. 47. Конструктивно-технологические схемы молотковых дробилок сельскохозяйственного назначения:

а — открытого типа; б — закрытого типа; в, г — двухстадийные; д — с жестким креплением рабочих органов; е — горизонтальная; ж — с замкнутым воздушным потоком; з — с шарнирным креплением рабочих органов

Рис. 52. Схема дробилки КДУ-2:

1 — отсасывающий патрубок; 2 — крышка выгрузного люка; 3 — вставная выбросная горловина; 4 — решето; 5 — крышка дробильной камеры; 6 — молоток; 7 — диск барабана; 8 — загрузочный бункер; 9 — верхняя дека; 10 — верхний магнитный сепаратор; 11 — поворотная заслонка; 12 — режущий барабан; 13 — прессующий транспортер; 14 — противорежущая пластина; 15 — питающий транспортер; 16 — коллектор; 17 — подводящий воздушный патрубок; 18 — электродвигатель; 19 — натяжное устройство; 20 — нижний магнитный сепаратор; 21 — нижняя дека; 22 — вал барабана; 23 — ось; 24 — рама



Машины и оборудование для обеспечения животноводства

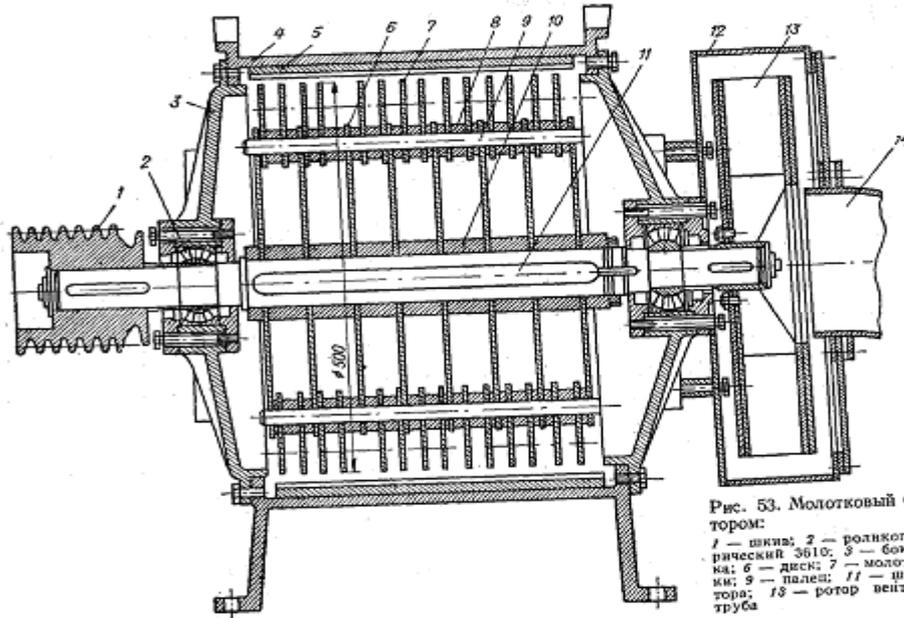


Рис. 53. Молотковый барабан КДУ-2 с вентилятором:
 1 — шина; 2 — роликоподшипник двухрядный сферический 3610; 3 — боковина; 4 — корпус; 5 — дека; 6 — диск; 7 — молоток; 8 и 10 — радиальные втулки; 9 — палец; 11 — цпоски; 12 — кожух вентилятора; 13 — ротор вентилятора; 14 — всасывающая труба

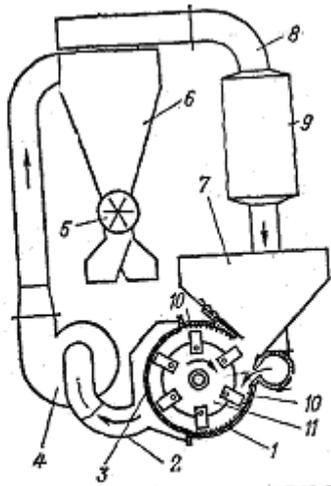


Рис. 56. Схема дробилки КДМ-3:
 1 — корпус; 2 — отводящий канал; 3 — решето; 4 — вентилятор; 5 — шлюзовый затвор; 6 — циклон; 7 — бункер; 8 — трубопровод; 9 — фильтр; 10 — дека; 11 — дробильный барабан

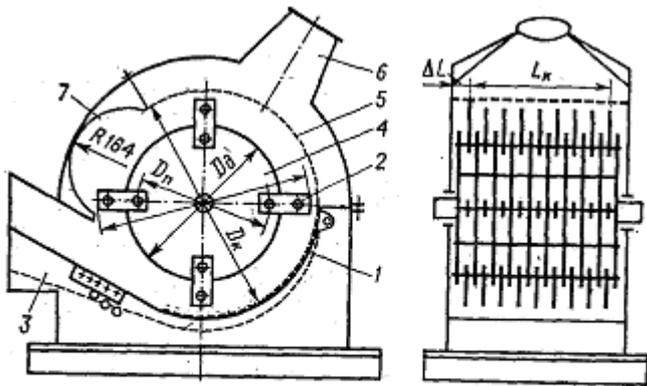


Рис. 57. Схема дробилки с упорядоченным воздушным режимом агрегата АВМ-0,65:
 1 — рифленая дека; 2 — молоток; 3 — регулируемая входная горловина; 4 — диск; 5 — решето; 6 — выгрузная горловина; 7 — вихревая камера

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

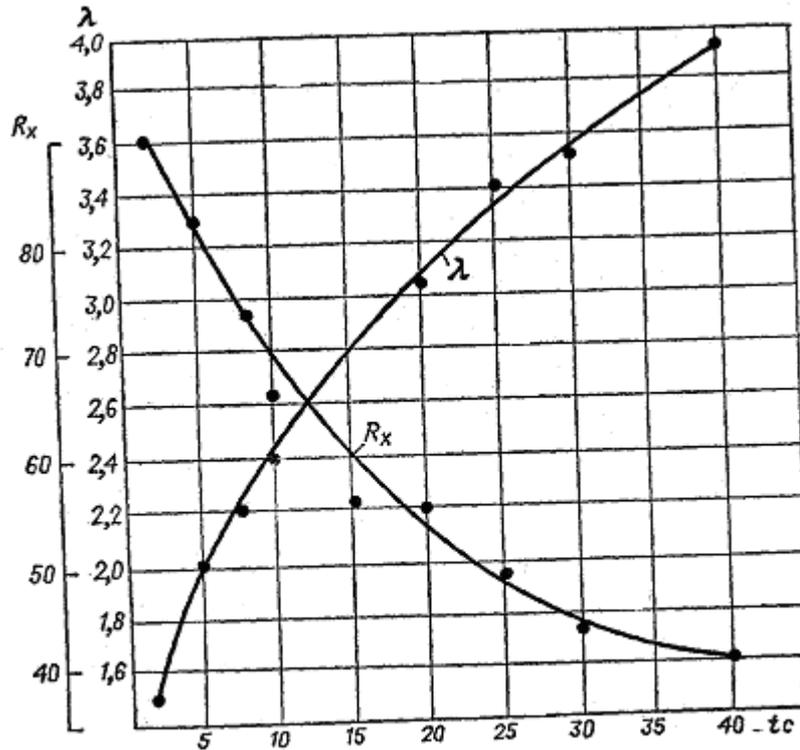


Рис. 58. Изменение степени измельчения λ и суммарного остатка R_x ($d_{cp} = 850$ мкм) в зависимости от времени измельчения t (по В. Р. Алешкину)

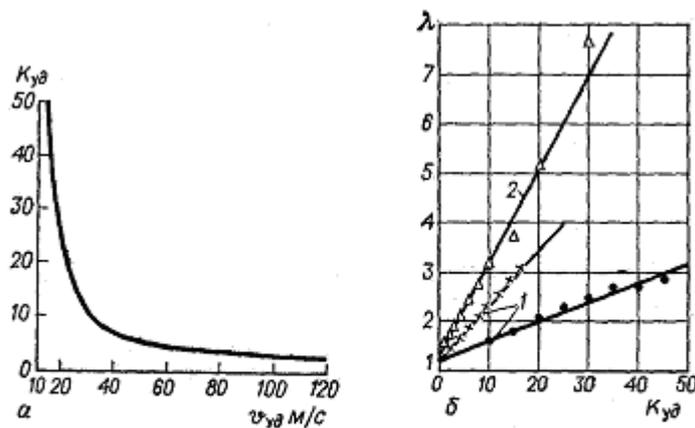


Рис. 69. Потребное число ударов молотка для разрушения зерна в зависимости от скорости удара (а) и изменение степени измельчения зерна в зависимости от числа ударов $K_{уд}$ (б):

1 — дробилка ДМК-0,1; 2 — центробежная дробилка

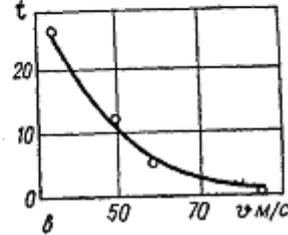
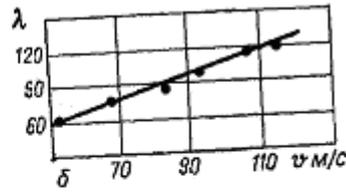
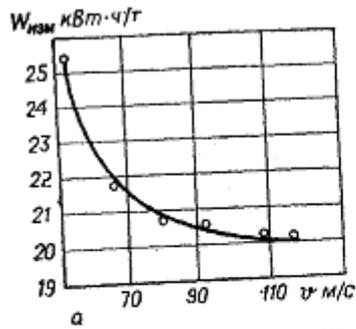


Рис. 71. Влияние скорости молотков на удельный расход энергии $W_{изм}$ (а), степень измельчения λ (б) и время t пребывания материала в дробильной камере (в) при размоле сухой сечки на дробилке АВМ-0,4 (по С. В. Мельникову)

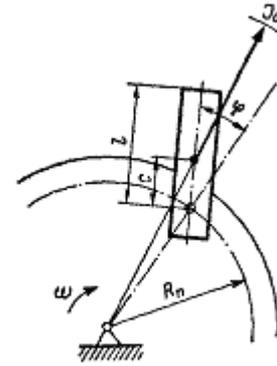


Рис. 73. Схема работы молотка как физического маятника, с трением в шарнире

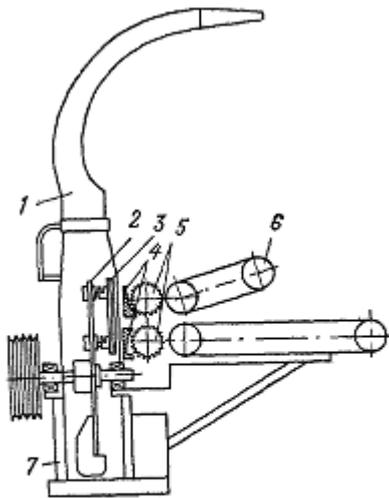


Рис. 84. Схема соломосилосорезки РСС-6Б-1:

1 — поворотный дефлектор; 2 — режущий диск с лопастями; 3 — ножи; 4 — гребенки с противорезающей пластиной; 5 — прессующие вальцы; 6 — транспортеры питателя; 7 — рама

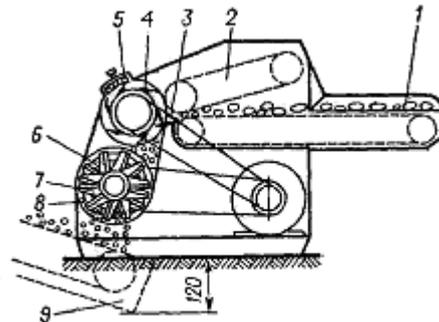


Рис. 86. Схема измельчителя кормов «Волгарь-5»

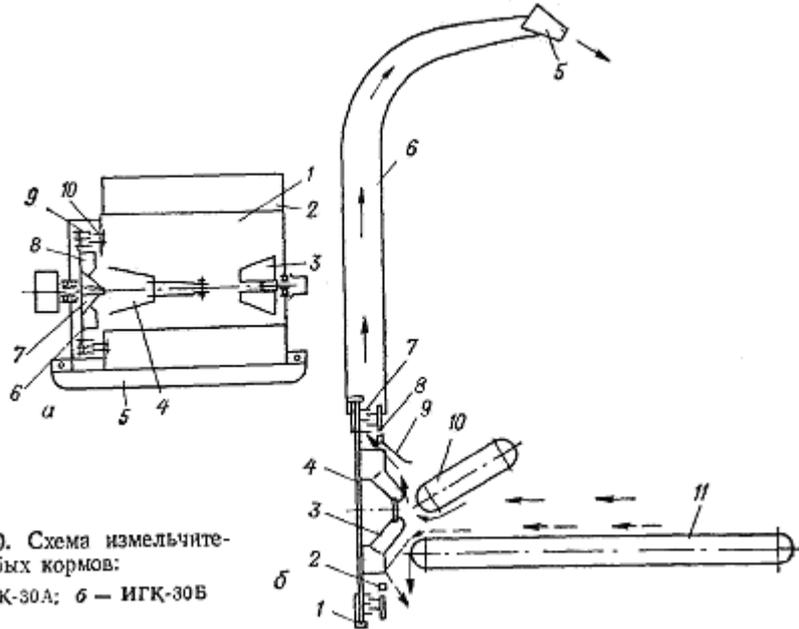


Рис. 90. Схема измельчителя грубых кормов:
а — ИГК-30А; б — ИГК-30Б

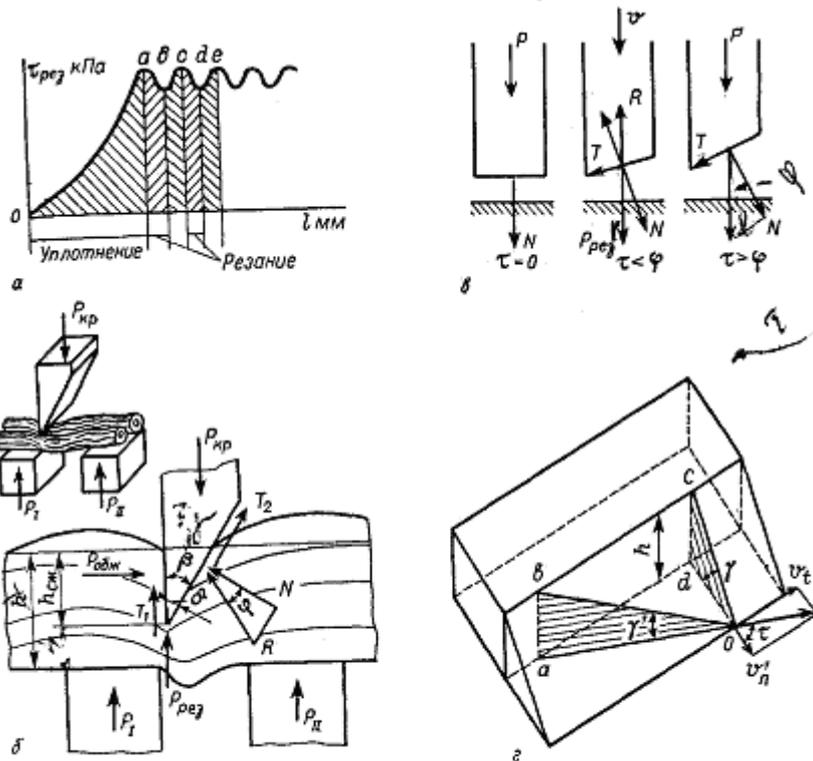


Рис. 91. Схемы процесса резания лезвием:

а — $\tau_{рез} = f(l)$; б — двухпорное резание; в — типичные случаи в зависимости от угла скольжения τ ; г — кинематическая трансформация угла γ заточки

Машины и оборудование для обеспечения животноводства

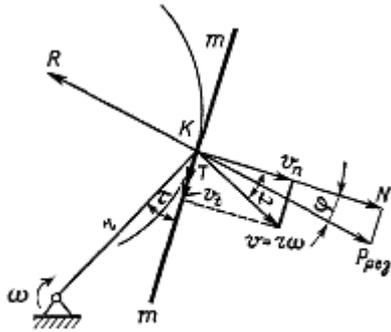


Рис. 103. Схема сил, действующих на материал в процессе резания

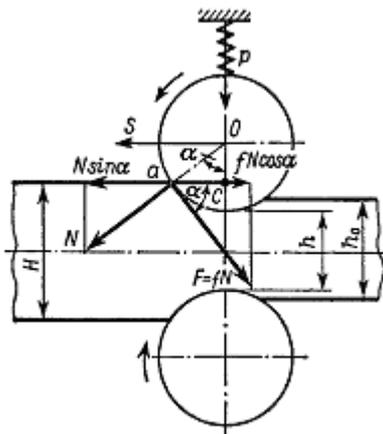


Рис. 108. Расчетная схема питающих валцов

Раздатка к лекции № 8

Таблица 22. Классификация дозируемых материалов по С. П. Орлову [50]

Группа материалов	Номер группы	Размер частиц, мм	Насыпная плотность, кг/м ³	Сыпучесть (текучесть) материала
Крупнокусковые	1	150	600—2500	Достаточная
Кусковые	2	50—150	500—2000	«
Мелкокусковые	3	10—50	400—1500	Достаточная, хорошая
Зернистые	4	0,5—10	300—1500	Хорошая
Порошкообразные	5	0,05—0,5	200—1000	Затрудненная
Пылевидные	6	0,05	100—500	Весьма затрудненная
Хлопьевидные	7	Волокна, чешуйки	50—300	То же
Жидкие	8	—	—	Хорошая
Жидкие — вязкие	9	—	—	Достаточная
Пастообразные	10	—	—	Весьма затрудненная

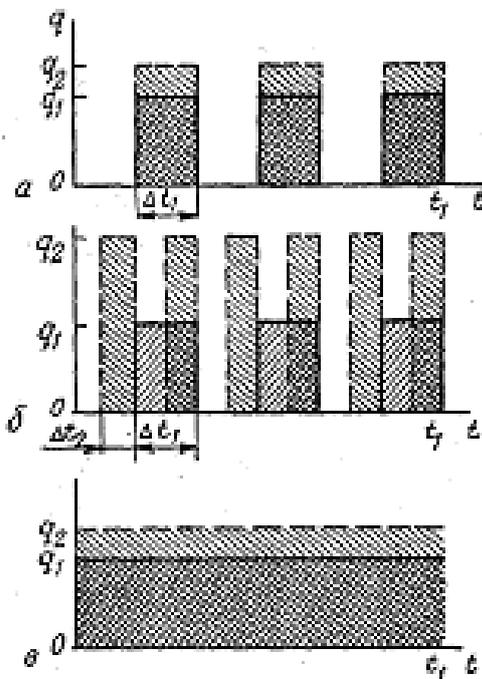


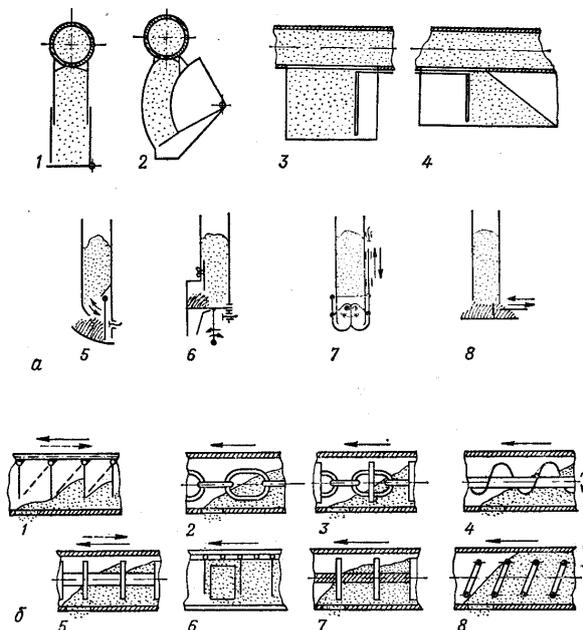
Рис. 2. Способы регулирования расхода дозаторов:

а – увеличение выдаваемой порции;

б – увеличение кол-ва порций в единицу времени;

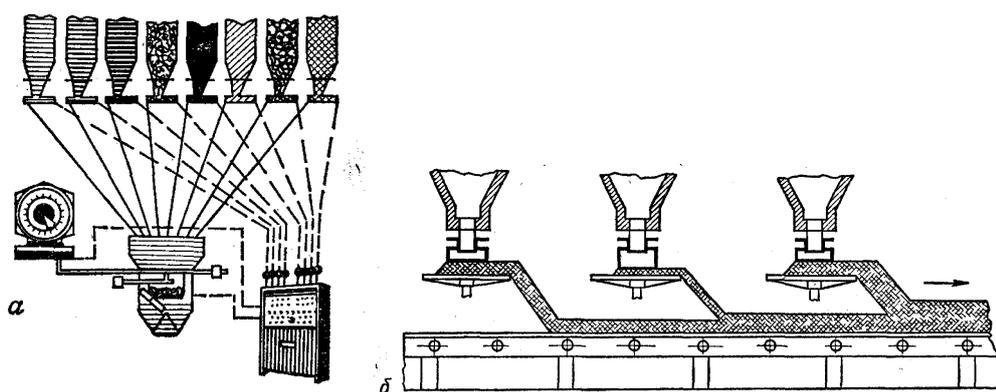
в – увеличение частоты вала дозатора

Раздатка к лекции № 9



Типы объемных дозаторов порционного действия (а) и их питатели (б):

а: 1, 2 — телескопические -цилиндрический и секторный; 3, 4 — призматические — регулируемый и нерегулируемый; 5, 6 — шибберные — вертикальный и горизонтальный; 7 - грейферный; 8 — плунжерный; б: 1 — штанговый 2 — цепной; 3 — цепочно-шайбовый; 4 — шнековый; 5 — штангово-шайбовый; 6 — цепочно-скребковый; 7 — тросово-шайбовый; 8 — спирально-винтовой.



Схемы многокомпонентного дозирования:

а — с одним общим дозатором; б — с отдельными дозаторами компонентов