

BASICS OF THE SELECTION OF THE SYSTEM FOR DESIGNING THE POLYFUNCTIONAL SHREDDER-MIXER FOR FODDERS

Summary

In the paper presented are results of research of forage crushers and on the basis of theoretical works the conclusion is made about the necessity of creation of a forage grinder providing the crushing and the mixing of forages made in the condition of large horned livestock farms. The analysis of design of the grinder - ИСК-3 and fodder preparation the unit АПК-10 was carried out. The received results allow to draw a conclusion on necessity of creation of the multipurpose grinder-mixer of forages on the base of the ИСК-3.

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СХЕМЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ-СМЕСИТЕЛЯ КОРМОВ

В статье приведены результаты исследования дробилок кормов и на основании теоретических работ сделан вывод о необходимости создания измельчителя кормов обеспечивающего измельчение и смешивание производимых в условиях хозяйств кормов для крупного рогатого скота. Проведен анализ конструкций измельчителя-смесителя ИСК-3 и кормоприготовительного агрегата АПК-10. Полученные результаты позволяют сделать вывод о необходимости создания многофункционального измельчителя-смесителя кормов на базе ИСК-3.

Улучшить усвояемость содержащихся в зерне веществ, и тем самым повысить его эффективность, можно при его предварительной подготовке измельчением. Эта операция обеспечивает разрушение зерна, и выполняется дробилками.

Применяемые для измельчения зернофуража молотковые дробилки, в зависимости от организации рабочего процесса, подразделяются на машины закрытого и открытого типа [1]. В рабочей камере дробилки открытого типа материал не участвует в круговом вращении. В таких дробилках продукт быстро эвакуируется из рабочей камеры. Механическим фактором измельчения в машинах этого типа является свободный удар молотка по поступающему материалу.

В дробилках закрытого типа решето и деки охватывают весь барабан. Поступающий в рабочую камеру зерновой материал при своем перемещении совершает многократное круговое движение, при этом он концентрируется на внутренних стенках дробильной камеры в виде воздушно-продуктового слоя. Рабочий процесс в этих дробилках характеризуется тем, что материал измельчается путем многократного ударного воздействия молотков и истирания при проходе их в среде рыхлого циркулирующего слоя.

Машины этого типа нашли большое распространение в технологических линиях подготовки зернофуража скормливанью, так как просты по устройству и не требуют повторного измельчения зерна. По назначению эти дробилки подразделяются на специализированные и универсальные.

Специализированные дробилки предназначены только для дробления зерна и состоят из горизонтально расположенной рабочей камеры, по внутреннему периметру которой закреплены деки (дробилка ДБ-5)

или сочетание дек и сит (дробилка ДМ). Внутри рабочей камеры этих машин установлен ротор с молотками. Для подачи исходного материала в зону рабочих органов, на поверхности рабочих камер, соосно, выполнено загрузочное окно.

К универсальным дробилкам относятся машины измельчающие наряду с зерном и другие виды кормов. Они более сложны по устройству и включают в себя два измельчающих аппарата. Дробильная камера этих машин предназначена для измельчения зерновых кормов, а ножевой аппарат – для измельчения других видов кормов.

Рассматривая универсальные дробилки применительно к измельчению зернофуража можно отметить, что конструктивные схемы их дробильных аппаратов и специализированных дробилок одинаковы. В горизонтально расположенной рабочей камере устанавливаются рабочие органы – сито, дека, молотки и трубопроводы. Разрушение зерна в измельчителях этого типа производится ударами частиц о неподвижную поверхность – сито или деку, ударами частиц друг о друга и молотками.

Каждый из перечисленных факторов, влияющих на разрушение зерна в этих машинах было установлено следующее Разрушение зерна друг о друга в данных измельчителях происходит при разности скоростей частиц. При соударении между частицами зерна возникает одинаковая сила взаимодействия, вызывающая напряжение и являющаяся причиной их разрушения. Однако, больше напряжения, при одинаковой силе взаимодействия, возникает в меньшей частицы. Вследствие данного процесса первоначально разрушаются мелкие зерна, что также является одной из

причин образования неравномерного состава продуктов помола.

Исключить указанный недостаток возможно только своевременной эвакуацией измельченного зерна, из зоны рабочих органов. Для этой цели в дробилках устанавливаются решета. Однако, теоретические исследования, проведенные В.И. Сыроватко [2] предопределяют снижение эффективности применения сепарирующих решет на рассмотренных дробилках. Рассматривая только плоское движение зерна в поперечном сечении камеры, автор предлагает перемещение единичной частицы выразить уравнением:

$$m_{\text{ч}} (d v/d t) = \Sigma F_i, \quad (1)$$

где $m_{\text{ч}}$ - масса частицы, кг;

$(d v/d t)$ – ускорение частицы, м/с²;

ΣF_i – равнодействующая внешних сил, приложенных к частице, Н.

Для определения скорости движения частицы были рассмотрены действующие на нее силы, схема которых представлена рис. 1.

В соответствии с рис.1 на частицу действуют следующие силы: $F_{\text{ц}}$ – центробежная; P_a – сила давления воздушного потока; $F_{\text{к}}$ – инерции Кориолиса; $F_{\text{тр}}$ – трения о поверхность молотка; N – реакция и G – сила тяжести частицы.

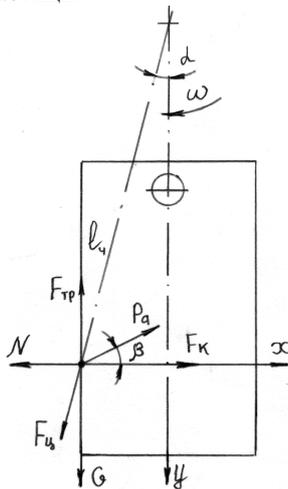


Рис. 1. Схема сил, действующих на частицу, находящуюся на поверхности молотка

Fig. 1. Scheme of forces acting on the particle of fodder on the surface of the beater

В виду малого значения силы тяжести Q при выполнении данного процесса в расчетах её не учитывали. С принятым допущением дифференциальные уравнения движения частицы представлены в следующем виде:

$$m_{\text{ч}} (dv_{\text{омн}}/dt) = m_{\text{ч}} \omega_n^2 l_{\text{ч}} \cdot \cos \alpha - F_{\text{мп}} - c \cdot F_{\text{ч}} (v_{\text{в}}^2 / 2g) \cdot \rho_{\text{в}} \cdot \sin \beta; \quad (2)$$

$$0 = N + m_{\text{ч}} \omega_n^2 l_{\text{ч}} \cdot \sin \alpha - 2m_{\text{ч}} \omega_n v_{\text{отн}} - c \cdot F_{\text{ч}} (v_{\text{в}}^2 / 2g) \cos \beta. \quad (3)$$

Преобразовав уравнение 2 и 3 автором было получено следующее уравнение:

$$y'' = \omega_n^2 l_{\text{ч}} (\cos \alpha + f \sin \alpha) - c \cdot F_{\text{ч}} (\rho_{\text{в}} / 2gm_{\text{ч}}) \times [(\omega_{\text{ч}} l_{\text{ч}})^2 + (y')^2] \times (f \cos \beta + \sin \beta) - 2f \omega_n y'; \quad (3)$$

где:

f – коэффициент трения;

$F_{\text{ч}}$ – проекция частицы по направлению движения, м²;

$\rho_{\text{в}}$ – удельный вес воздуха, кг/м³;

c – коэффициент, зависящий от формы тела.

В соответствии с уравнением (3) был произведен расчет по определению скорости движения частицы внутри рабочей камеры дробилки. Данные расчета показывают, что крупные частицы перемещаются по поверхности молотка быстрее, чем мелкие, а значит, в основном располагаются на рабочей поверхности решета. Мелкие частицы при этом находятся в зоне воздействия молотков. В результате такого разделения кормовой массы, крупным частицам весьма трудно попасть в рабочую зону молотков, а мелким выпадать через отверстия в решете. Это является так же причиной неравномерности помола и высокого удельного расхода энергии.

Проведенные В.И. Сыроватко экспериментальные исследования с применением скоростной киносъемки подтвердили теоретические выводы.

Таким образом, теоретические и экспериментальные исследования рабочего процесса молотковых дробилок с осевой загрузкой исходного материала позволяют сделать следующих выводы.

Конструктивные схемы рассмотренных дробилок не обеспечивают равномерное измельчение зернофуража, вследствие чего нарушается гранулометрический состав конечного продукта [3]. Этот фактор отрицательно сказывается на эффективности скармливания зернофуража и приводит к росту удельной энергоёмкости выполняемого процесса.

Устранить указанные недостатки в данных машинах невозможно как при изменении рабочей поверхности (сита или деки) так и геометрических размеров самих машин.

Анализ научных работ и получение вывода дают основание для рассмотрения вопроса о изучении и разработке отличной от рассмотренных, конструкции дробилки

Так, анализ технологических схем приготовления кормосмесей показал, что для выполнения этих операций наиболее приемлим измельчитель-смеситель ИСК-3 и кормоприготовительный агрегат АПК-10. Рассматривая каждую в отдельности из этих машин, было установлено следующее.

Измельчитель-смеситель ИСК-3 (рис. 2) состоит из вертикально установленной рабочей камеры, внутри которой, по периметру установлены подпружиненные блоки противорезающих элементов. Такое конструктивное решение позволяет легко удалять их за пределы рабочей камеры при попадании твердых предметов или замене. Тем самым повышается надежность машины и низкие трудозатраты при демонтаже данных рабочих органов.

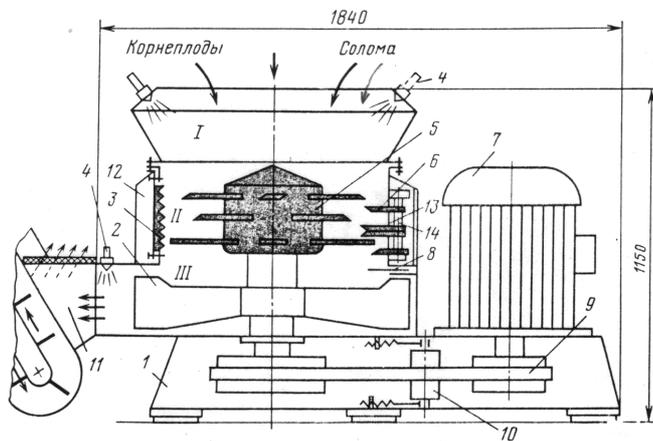


Рис. 2. Измельчитель-смеситель ИСК-3:

1 – рама; 2 – швырялка; 3 – зубчатая дека; 4 – форсунка; 5 – ротор; 6 – нож противореза; 7 – электродвигатель; 8 – шибер; 9 – клиноремной привод; 10 – ролик; 11 – бункер выгрузного транспортера; 12 – кожух; 13 – противорез; 14 – вал; I – приемная камера; II – камера измельчения и смешивания; III – выгрузная камера

Fig. 1. Shredder-mixer SK-3:

1 - frame; 2 - vane rotor; 3 - concave; 4 - injector; 5 - drum Edith beaters; 6 - shear-bar; 7 - electric motor; 8 - shutter; 9 - V-belt drive; 10 - roller; 11 - tank; 12 - casing; 13 - counter-shear; 14 - shaft; I - leading chamber; II - working chamber; III - unloading chamber

Внутри камеры, соосно установлен ротор с радиально закрепленными на нем ножами. При вращении ротора ножи и противорезы образуют режущие пары, измельчающие и смешивающие корма в потоке.

Кормоприготовительный агрегат АПК-10 (рис. 3) представляет собой более сложную машину.

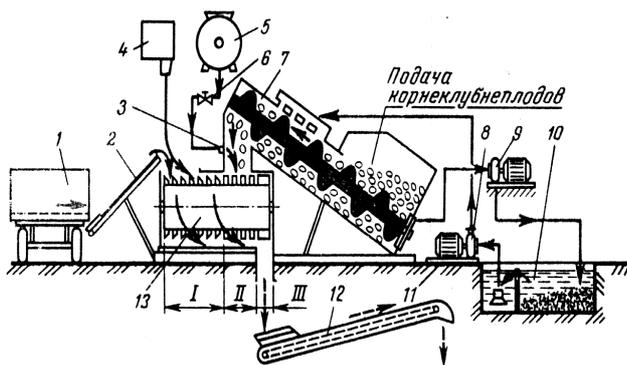


Рис. 3. Схема технологического процесса АПК-10:

1 – бункер-дозатор грубых кормов; 2 – транспортер; 3 – распылитель микродобавок; 4 – дозатор концентратов; 5 – смеситель-дозатор жидких кормов и микродобавок; 6 – кран; 7 – мойка корнеклубнеплодов; 8 – насос для подачи воды; 9 – грязевой насос; 10 – отстойник; 11 – электродвигатель; 12 – транспортер; 13 – ротор; I – зона ножевого измельчения; II – зона молотков; III – зона выгрузки

Fig. 3. Scheme of technological progress of APK-10:

1 – container feeder; 2 – conveyer; 3 – microadditives sprayer; 4 – concentrates feeder; 5 – mixer-feeder of liquid fertilizers and microadditives; 6 – valve; 7 – washer; 8 – water pump; 9 – impurities pump; 10 – decanter; 11 – electric motor; 12 – conveyer; 13 – working drum; I – cutting; II – zone of beaters action; III – unloading zone

В нем объединены в одно целое мойка корнеплодов и горизонтально расположенный измельчающий аппарат. Такое сочетание двух машин технически позволяет исключить падающий транспортер и дозатор корнеклубнеплодов. Однако, это конструктивное решение ограничивает эффективность эксплуатации кормоприготовительного агрегата АПК-10. Так, неотдозированная подача корнеклубнеплодов в камеру измельчения, нарушает баланс кормосмесей, снижая ее питательную ценность. Устранить указанный недостаток без дозатора невозможно. Производительность мойки агрегата АПК-10 рассчитано на 5т/ч. При включении в рацион меньшего количества этого вида корма экономическая эффективность мойки снижается. В условиях малых и средних ферм это является очевидным. Заменить данный элемент технологической линии подготовки корнеклубнеплодов в рассмотренных случаях не видятся технически возможным.

Формируя технологическую линию при участии ИСК-3 можно установить мойку или очистку в соответствии с конкретными требованиями любого типоразмера фермы.

Выбрав дозатор корнеплодов, составляет не только отвечающая экономическим, но и зоотехническим требованиям технологическая линия.

Изучая вопрос о сокращении числа машин в технологических линиях путем использования многофункционального измельчителя – смесителя кормов, была выдвинута гипотеза о создании данного измельчителя на базе ИСК-3 или агрегата АПК-10. Решить данную задачу можно путем организации процесса измельчения зернофуража этими машинами. Для проверки выдвинутой гипотезы был проведен анализ измельчающих аппаратов измельчителя-смесителя ИСК-3 многокомпонентной кормоприготовительного агрегата АПК-10.

При изучении этого вопроса было установлено, что в дробилках зерна, в качестве рабочих органов используются решета, деки и плоские молотки. Решета позволяют сепарировать измельченное зерно, и тем самым упростить конструкцию дробилки.

Приняв за основу ранее проведенный теоретический анализ процесса дробления, были установлены следующие преимущества и недостатки конструкций машин.

В измельчителе-смесителе ИСК-3 на роторе установлены поярусно плоские рабочие органы. По конструктивному исполнению они способны измельчать и зерновые корма.

Для дробления же зерна в рабочей камере достаточно установить только решето. При выполнении этой технической операции необходимо удалить за пределы рабочей камеры противорезающие элементы. Так как они закреплены шарнирно, то выполнить эту работу за короткий промежуток времени практически

несложно. Закрепить решето радиально внутри рабочей камеры можно болтовыми соединениями.

При переходе от зерновых кормов к грубым или сочным достаточно извлечь решето и вернуть в рабочую камеру противорежущие элементы.

Конструкция измельчающего аппарата ИСК-3 позволяет устанавливать в рабочей камере несколько ярусов решет. При этом диаметр отверстий в них может быть различным – от большего до обеспечивающего необходимую крупность измельчения. Следовательно, можно организовать поэтапное дробление зерна, что улучшает эвакуацию уже измельченных частиц с рабочей зоны ножей и способствует выравниванию фракционного состава [4]. При такой организации процесса дробления образование пылевидной фракции практически невозможно.

Измельчающий аппарат агрегата АПК-10 представляет собой горизонтально установленную молотковую безрешетную дробилку. Внутри дробильной камеры, соосно установлен ротор, на котором закреплены ножи – для измельчения стебельчатых кормов и молотки – для измельчения корнеплодов.

По внутренней поверхности рабочей камеры крепятся противорежущая дека или 12 противорежущих ножей. Перемещение кормов в сторону выгрузки осуществляется за счет изгиба молотков и ножей.

Недостатком данного измельчающего аппарата является большой удельный расход энергии на разрушение материала по сравнению с другими типами измельчающих аппаратов. Измельчение молотками корнеплодов сопровождается значительным выделением клеточного сока, что не отвечает зоотехническим требованиям [5].

Горизонтально расположенный корпус кормоприготовительного агрегата АПК-10 приспособлен к измельчению только грубых, и сочных кормов. Для переналадки машины с целью дробления зерна необходимо его полностью заменить. Установив же корпус в виде сита или деки, возникает вопрос об организации подачи дробленого зерна в камеру смешивания.

Как отмечалось, существенным недостатком дробилок с горизонтально расположенным ротором является неравномерность фракционного состава конечного продукта. Наблюдается также наличие пылевидной фракции, сказывающейся отрицательно как на скармливании кормов, так и энергетических затратах.

Не отвечают требованиям организации дробления зерна закрепленные на роторе агрегата АПК-10 рабочие органы. В серийной машине их установлено два типа – для измельчения сочных кормов, и для измельчения грубых кормов.

При переходе на дробление зерна, на роторе АПК-10 необходимо устанавливать другой вид рабочих органов. Для выполнения этой технической операции необходимо практически демонтировать ротор.

Таким образом, конструкция измельчающего аппарата агрегата АПК-10 при адаптации его к дроблению зерна требует больших материальных затрат, труда и времени. Не решается и вопрос выравнивания фракционного состава измельченного

зерна, что не отвечает как требованиям снижения удельной энергоемкости выполняемого процесса, так и зоотехническим условиям.

Рассмотренные технические, организационные и зоотехнические аргументы двух машин – АПК-10 и ИСК-3 позволяют сделать вывод о целесообразности создания только на базе измельчителя-смесителя ИСК-3 многофункционального измельчителя кормов. Данная машина при известных преимуществах серийного ИСК-3, должна обеспечивать оговоренную зоотехническими требованиями, степень измельчения зерна. При этом гранулометрический состав конечного продукта должен быть равномерным.

Таким образом, многофункциональный измельчитель должен выполнять известные функции измельчителя-смесителя ИСК-3 и дополнительно обеспечивать измельчение зернофуража. Достичь выполнения всех операций одним измельчающим аппаратом не представляется возможным в силу различных физико-механических свойств кормов. Поэтому, наиболее целесообразно при разработке многофункционального измельчителя кормов использовать модульный принцип [6, 7, 8]. В этом случае необходимо разработать отдельный быстро переналаживаемый модуль для измельчения зернофуража. Он должен быть гибким средством, устанавливаемым на измельчитель-смеситель ИСК-3 при минимальных затратах времени на переналадку. Создание рациональной схемы такого модуля представляет собой сложную и трудоемкую задачу. Для ее решения необходимо проведение теоретических и экспериментальных исследований.

Многофункциональный измельчитель – смеситель кормов, коренным образом изменит состав комплекта машин для приготовления кормосмеси.

Литература

- [1] Мельников С.В.: Классификация молотковых дробилок. Механизация производственных процессов в животноводстве. Сб. науч.тр. Ленинградский ЛСХИ. 1972. Т.199. С. 3-8.
- [2] Сыроватка В.И.: О движении материала измельчаемого на молотковой дробилке. Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. 1964. № 4. С. 38-39.
- [3] Ревенко И.И.: О повышении качества работы молотковых кормодробилок. Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1980. № 8. С. 18.
- [4] Сергеев Н.С.: Обоснование новой технологии и технических средств для измельчения сыпучих материалов. Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2000. № 2. С. 11-24.
- [5] Мяндр А.Э.: Кормоприготовительные машины и агрегаты. Машиностроение. 1970. 77с.
- [6] Галенко Г.Д., Каплин И.М., Шидловский Ю.М.: Поточная уборка хлебов. Ураджай. 1971.
- [7] Системное проектирование гибких технологических комплексов в машиностроении. Тезисы доклада семинара под ред. Наязина Н.Г., Владимир, ВОС НТО., 1982.
- [8] Аверьянов О.Н. Модульный принцип – основа создания современных автоматизированных

станочных систем. Второй Всесоюзный съезд по теории машин и механизмов. Ч.1. Наукова думка.

1982.