

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»

**В.М. Долбаненко, А.В. Семёнов**

**ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ МОЛОТКОВЫХ  
ДРОБИЛОК КОРМОВ**

*Методические указания для лабораторно-практических работ*

Красноярск 2018

*Рецензент*  
*А.А. Вишняков, д-р техн. наук, профессор кафедры*  
*«Общественные инженерные дисциплины»*

**Долбаненко, В.М.**

Изучение устройства и работы молотковых дробилок кормов. метод. указания для лабораторно-практических работ / В.М. Долбаненко, А.В. Семёнов; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2018. – 44 с.

Содержатся сведения об устройстве и работе молотковых дробилок кормов.

Предназначено для студентов очного и заочного отделений, обучающихся по направлениям 35.03.06 «Агроинженерия», 35.03.07 «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции», 36.03.02 «Зоотехния».

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Красноярского государственного аграрного университета

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Изучение устройства и рабочего процесса молотковых дробилок кормов .....	4
1.1. Классификация процессов измельчения кормов .....	4
1.2. Классификация дробилок .....	5
1.3. Рабочий процесс молотковых дробилок кормов .....	9
1.4. Дробилка кормов КДУ-2 .....	11
1.4.1. Назначение машины .....	11
1.4.2. Устройство дробилки КДУ-2 .....	13
1.4.3. Принцип работы и технологический процесс .....	20
1.5. Дробилка безрешетная ДБ-5 .....	23
1.5.1. Устройство и работа составных частей дробилки ДБ-5 .....	24
1.5.2. Принцип работы и устройство дробилки ДБ-5 .....	33
2. Определение степени измельчения и модуля помола зерна .....	38
3. Расчет теоретической производительности и определение действительной производительности дробилки .....	41
Контрольные вопросы .....	44
Литература .....	44

**Цель работы:** изучение конструкции и технологического процесса молотковых дробилок кормов.

## **Содержание работы**

1. Изучить конструкцию, рабочий процесс молотковых дробилок на примере дробилок КДУ-2 и ДБ-5, составить их технологические схемы.

2. Определить степень измельчения и модуль помола зерна, и их зависимость от решета и дек.

3. Рассчитать теоретическую производительность дробилки и определить действительную.

**Оборудование рабочего места:** молотковые дробилки КДУ-2, ДБ-5, решетный классификатор, измерительный комплекс К-50, весы, сушильный шкаф, зерно, калькулятор.

## **1. Изучение устройства и рабочего процесса молотковых дробилок кормов**

### **1.1. Классификация процессов измельчения кормов**

В сельском хозяйстве измельчают корма различного происхождения. Это приводит к лучшей переваримости и более полному усвоению энергии корма. За счет измельчения зерна продуктивность животных повышается на 10–15 %. В связи с возрастанием индустрии производства и обработки кормов необходимо обеспечить условия для беспрепятственного движения отдельных видов кормов внутри технологических линий (в транспортерах, нориях, дозаторах, смесителях сушилках), чего нельзя достичь без измельчения. Измельченный корм легче дозируется, равномерно смешивается, обладает сыпучестью.

Измельчением называется разделение твердого тела на части путем приложения внешних сил, превосходящих силы молекулярного сцепления частиц тела. В результате измельчения образуется множество частиц различных размеров с сильно развитой поверхностью. Современная наука рассматривает основное содержание всякого процесса измельчения (дробления, размола, резания) как процесс образования (приращения) новых поверхностей.

В технике измельчения кормов используют такие виды деформации твердого тела, как сжатие, растяжение, изгиб и сдвиг.

Способы разрушения основаны на образовании в кусках исход-

ного материала необходимых деформаций, которые можно классифицировать на следующие способы измельчения (рис. 1): измельчение ударом, раскалывание, раздавливание (плющение), истирание, резание лезвием, пуансоном, резцом.

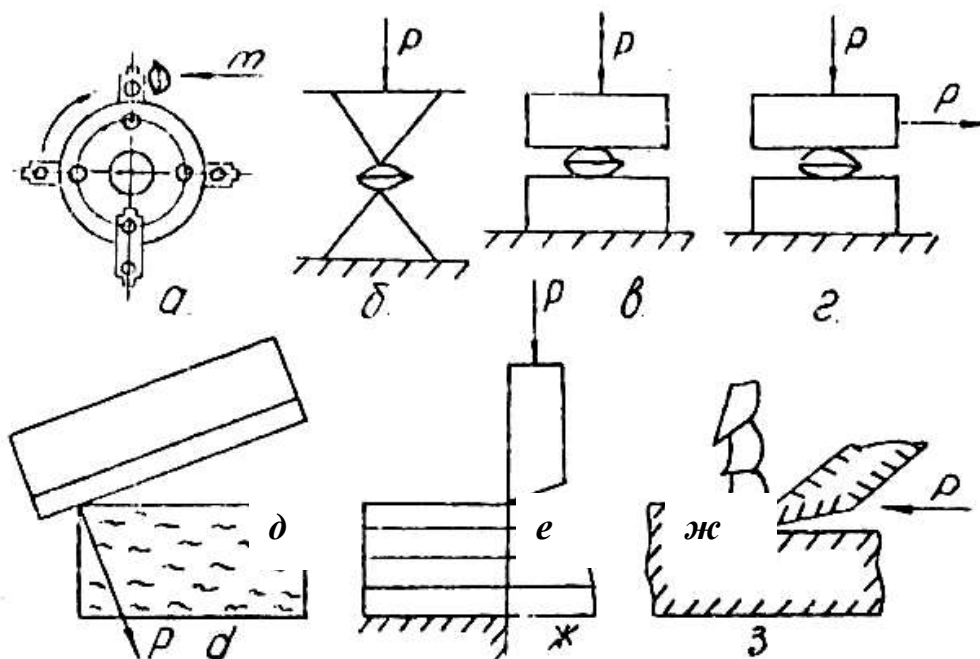


Рисунок 1 – Способы измельчения кормов:

*a – измельчение ударом; б – раскалывание; в – раздавливание (плющение); г – истирание; д – резание лезвием; е – резание пуансоном; ж – резание резцом*

Ни в одном из типов измельчителей приведенные способы не осуществляются в «чистом виде», тем не менее, в каждом из них можно выделить преобладающий способ измельчения. Например, в молотковых дробилках – измельчение ударом; в жмыходробилках – раскалывание, в вальцовых дробилках – раздавливание и т. д.

## 1.2. Классификация дробилок

Основным оборудованием для измельчения зерна в комбикормовой промышленности и хозяйствах являются молотковые дробилки, которые нашли широкое распространение благодаря простоте конструкции, надежности в работе и удобству обслуживания при эксплуатации. Эти дробилки обеспечивают равномерное измельчение продукта; быстрое его извлечение из дробильной камеры; возможность регулирования степени измельчения; наименьшее образование пылевидных фракций; автоматическое управление процессом измельчения; легкую замену быстро изнашиваемых деталей (молотки, решета, деки); минимальный удельный расход электроэнергии; механизированную загрузку и выгрузку материала.

Дробилки группируют по принципу работы, конструктивным и аэродинамическим особенностям, размещению места загрузки, способу отвода измельченного материала.

У молотковых дробилок, классификация которых представлена на рисунке 2, основными рабочими органами, осуществляющими процесс разрушения материала, являются ротор с молотками, решета и деки. В универсальных дробилках, кроме того, на роторе имеются ножи криволинейной или прямоугольной формы, либо устанавливается обособленный режущий барабан. Кроме того, применяются безрешетные дробилки, работающие по открытому или закрытому циклу, с рециркуляцией продукта и без нее.

В большинстве молотковых дробилок важную роль в процессе измельчения материалов играет воздушный поток. С помощью воздуха измельченный материал через отверстия решета удаляется из дробильной камеры и направляется в циклон, а возвратный воздушный поток (в замкнутых системах) способствует подаче исходного материала в дробильную камеру. Обычно используется автономный вентилятор, который расположен на валу ротора или оснащен отдельным приводом, работающим по схеме восходящего или нисходящего воздушного потока. В некоторых случаях вентилятор и ротор совмещены, в результате чего полнее используется воздушный поток, создаваемый ротором дробилки, и меньше металлоемкость механизма.

При работе молотковой дробилки замкнутый воздушный поток действует на всех этапах рабочего цикла в следующей последовательности, способствуя:

- 1) движению материала в дробильной камере, измельчению и проходу измельченного материала через отверстие решета (для решетных дробилок) в разделительную камеру или на выгрузку (для безрешетных дробилок);
- 2) эвакуации измельченного материала из зарешетного пространства и его подачи по трубопроводу в циклон;
- 3) разделению (осаждению) измельченного материала в дробильную камеру.

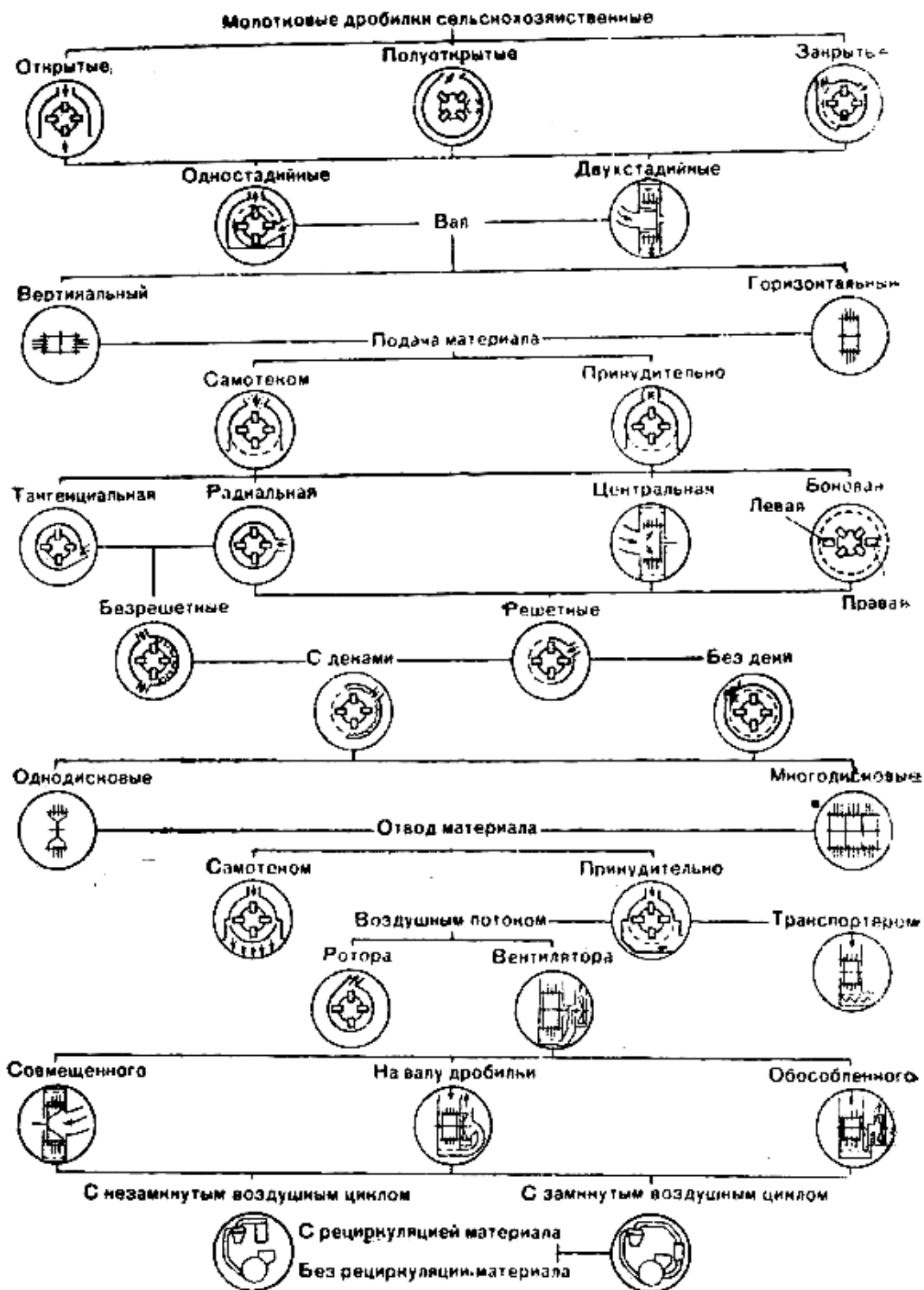


Рисунок 2 – Классификация дробилок сельскохозяйственного назначения

Таким образом, во всех конструкциях молотковых дробилок измельченный материал, как правило, удаляется из дробильной камеры воздушным потоком, создаваемым ротором дробилки или ротором и вентилятором.

В настоящее время созданы дробилки, существенно различающиеся между собой по принципу работы, технологической схеме. Их

делят на решетные, универсальные и безрешетные (с рециркуляцией и без рециркуляции).

Различные технологические схемы работы дробилок, представленные на рисунке 3 в виде структурных блоков, показывают наличие двух типов дробилок, работающих по открытому или закрытому (с рециклом) циклу. К первому типу относится структурная схема «а», а ко второму – схема «б».

Структурные схемы «а», «б» и «г» относятся только к безрешетным дробилкам, а структурная схема «в» как к безрешетным, так и к решетным дробилкам.

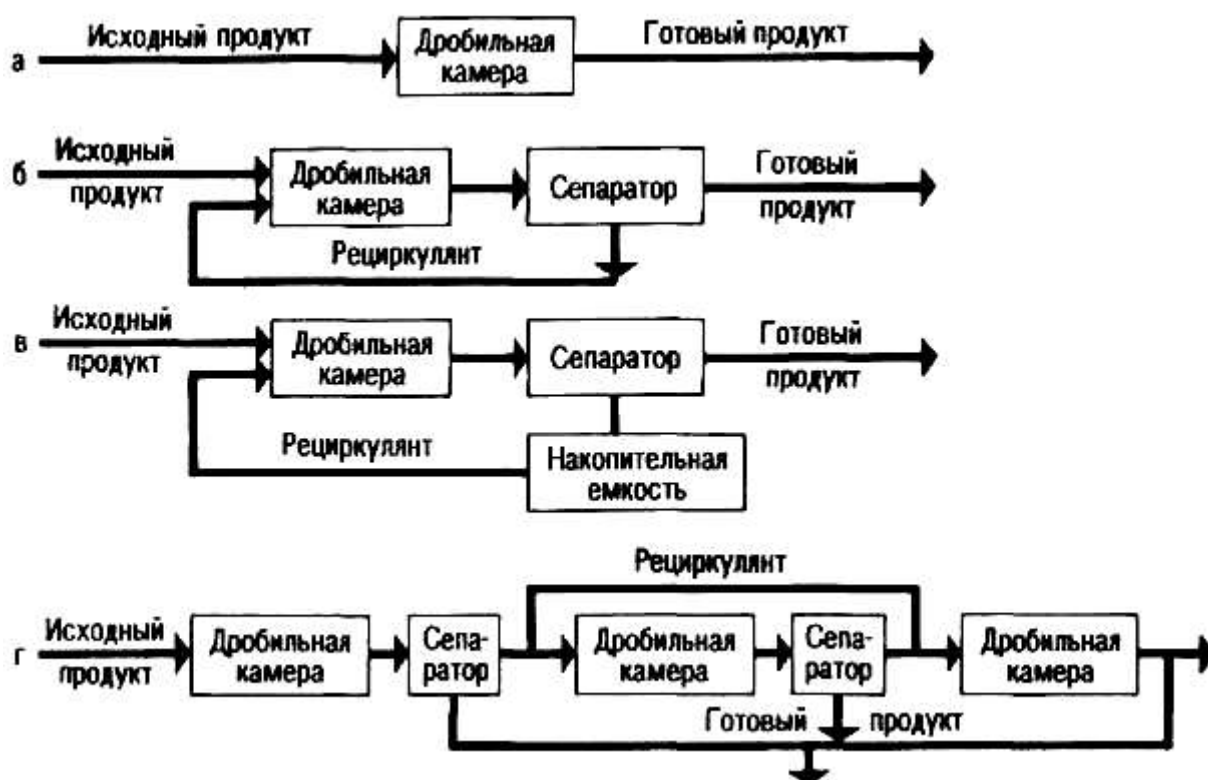


Рисунок 3 – Структурные схемы технологического процесса измельчителей кормов:

а – с открытым циклом; б – с рециркуляцией; в – с рециркуляцией и наличием накопительной емкости рециркулянта; г – с многостадийной рециркуляцией

Однако во всех конструкциях дробилок основным рабочим органом является ротор с шарнирно подвешенными молотками. Шарнирное крепление молотков предотвращает возможные аварии при контакте с крупными твердыми предметами, попавшими в дробильную камеру.

Существенное значение в работе дробилки имеет отношение диаметра ротора к его длине. В динамическом отношении лучше являются



дробилки, у которых это отношение равно 1,5–1,7. Они имеют равноосный эллипсоид инерции, за счет чего более уравновешены в динамическом отношении. Дробилки, у которых отношение равно 4–7, менее материалоемки, но требуют тщательной балансировки ротора.

Молотки применяют различной формы, в зависимости от вида перерабатываемого материала, заданной тонкости помола. Они располагаются по длине окружности ротора либо рядами без смещения, либо по винтовой линии, но обязательно должны перекрывать всю ширину дробильной камеры.

Наиболее распространены пластинчатые молотки с двумя отверстиями – как прямоугольные, так и с вырезами, что позволяет осуществлять четырехразовую перестановку при износе одной из рабочих сторон.

Основными показателями работы молотковых дробилок являются производительность, степень и качество измельчения материалов, удельная материалоемкость и энергоемкость измельчения. Эффективность процесса измельчения на молотковых дробилках оценивают только по этим факторам, так как при одних и тех же значениях производительности и удельных затрат энергии качество измельчения зернового материала может быть далеко не равнозначным.

### **1.3. Рабочий процесс молотковых дробилок кормов**

Основные машины для измельчения кормов в современных условиях сельскохозяйственного производства – молотковые дробилки или измельчители с рабочими органами молоткового типа – находят все большее распространение не только для измельчения зерновых кормов, но и для грубых, сочных. Широкое распространение молотковых дробилок обусловлено рядом их конструктивных достоинств. Они просты по устройству, негромоздки, имеют небольшую удельную металлоемкость, универсальны в отношении переработки кормов с различными физико-механическими свойствами, рабочие органы легко поддаются замене, сравнительно долговечны и дают помол, удовлетворяющий зоотехническим требованиям.

Разработано множество конструкций молотковых дробилок, но все они объединены общим схематическим устройством. Рабочий процесс дробилок можно представить следующим образом.

Основной рабочий орган дробилки (рис. 4) ротор 1 с шарнирными молотками 2, собранными в пакеты и установленными на роторе в

корпусе 3. Дробилка имеет загрузочную горловину 6, боковая поверхность ротора охвачена решетом 4 и деками 5.

При установившемся режиме работы молотковой дробилки можно отметить ряд таких последовательных этапов, как подача исходного материала, переработка материала в дробильной камере (измельчение) и отвод готового продукта.

Ротор молотками увлекает материал в круговое вращательное движение, располагая на периферии слой, в котором частицы от действия молотков, дек и воздушного потока находятся во взвешенном состоянии. Этот воздушно-продуктовый слой представляет собой циркулирующую нагрузку дробилки.

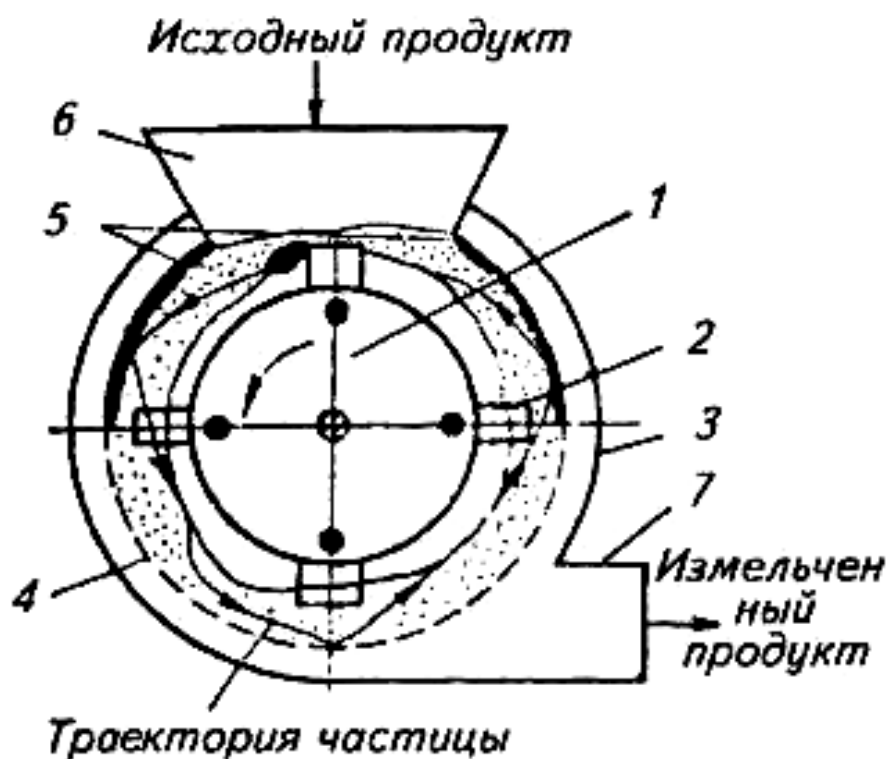


Рисунок 4 – Принципиальная схема молотковой дробилки:  
1 – ротор; 2 – молоток; 3 – корпус; 4 – решето; 5 – дека;  
6 – загрузочная горловина; 7 – выгрузная горловина

Внутри слоя отдельные частицы совершают вполне определенные траектории. При ударе молотка по куску последний отбрасывается на деку или решето и «испытывается на проход» через отверстия решета. Если частица через решето не проходит, то она отражается от него, возвращаясь к центру ротора, и снова попадает в зону действия молотков, причем возвращение частицы к центру ротора протекает с замедлением, так как после отражения от решета частица находится

под действием центробежной силы (действующей от центра ротора к периферии) и силы сопротивления воздушного потока.

В какой-то момент времени частица останавливается, а затем снова под действием ударов молотка и центробежной силы направляется на решето.

В результате ряда последовательных ударов молотков и многократных отражений кусок разрушается на мелкие частицы, и измельченный материал проходит через решето.

## **1.4. Дробилка кормов КДУ-2**

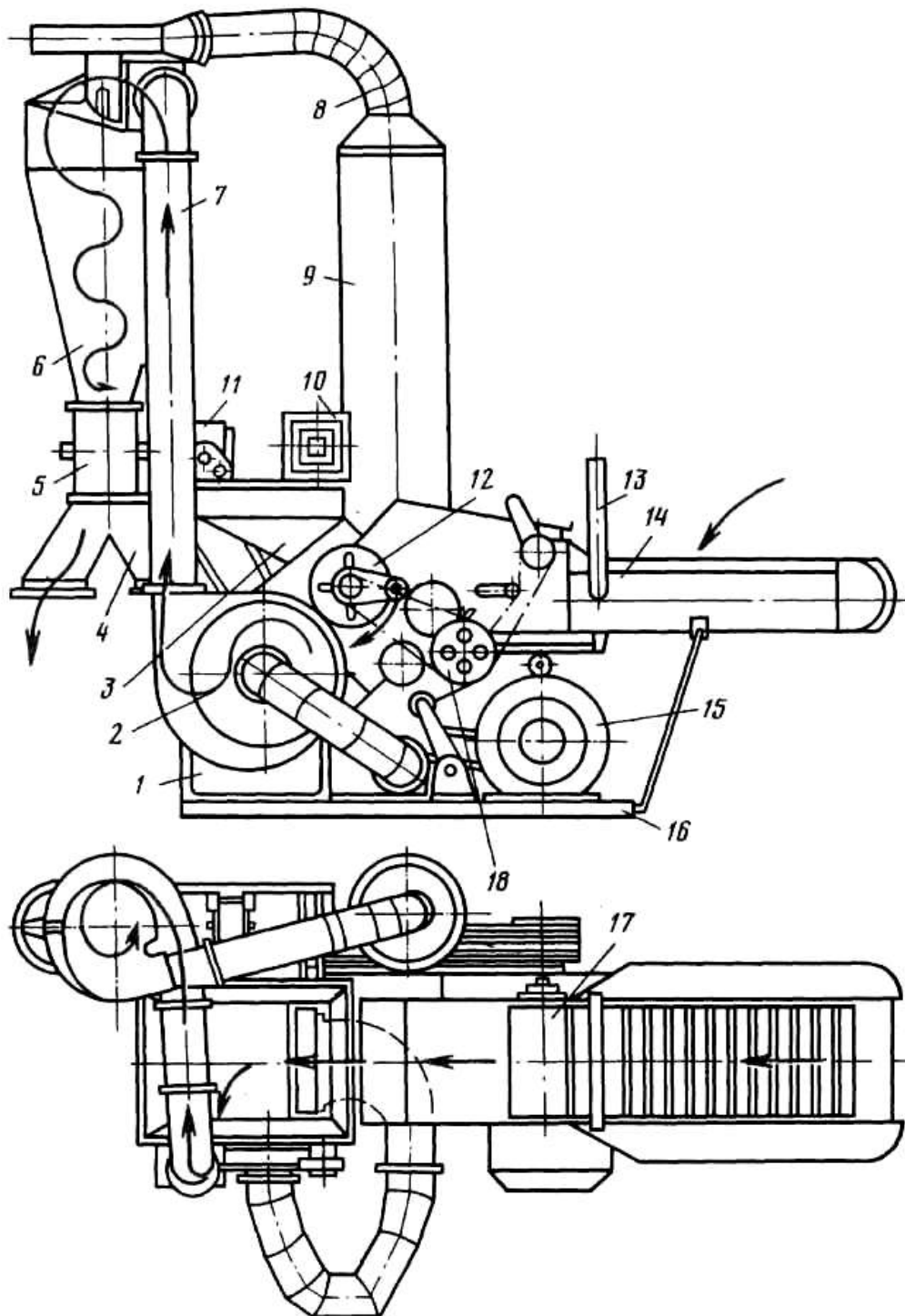
### **1.4.1. Назначение машины**

Универсальная дробилка КДУ-2 «Украинка» (рис. 5) предназначена для дробления всех видов зерновых кормов, початков, жмыхов, шротов, сена, соломы и других грубых кормов, для мелкого измельчения зеленых кормов, силоса и корнеклубнеплодов. Кроме того, машина может изготавливать кормовые смеси, состоящие из двух-трех компонентов с введением жидких добавок.

Дробилка может применяться как в поточных технологических линиях кормоцехов, так и на отдельных производственных участках как самостоятельная машина. Кормодробилка КДУ-2 является высокопроизводительной универсальной машиной, удовлетворяющей требованиям крупных животноводческих хозяйств всех зон страны.

Применение кормодробилки на животноводческих фермах позволяет значительно повысить эффективность использования кормов за счет их высококачественной механической обработки и снизить трудоемкость обработки кормов.

При дроблении зерновых кормов отключают привод питателя (ослабляют и снимают клиновые ремни привода режущего барабана). Устанавливают сменное решето с отверстиями соответствующего диаметра для получения необходимой степени измельчения. Для получения мелкого дробления в камеру дробилки вставляют решето с отверстиями 4 мм, среднего – 6 мм и крупного – 8 мм. Соединяют нижнее окно крышки съемным всасывающим патрубком с вентилятором. Включают дробилку в работу и регулируют поворотной заслонкой 8 (рис. 6) зернового ковша степень загрузки. При этом показание амперметра-индикатора должно быть 55–60 А. Что соответствует полной (30 кВт) нагрузке двигателя.



*Рисунок 5 – Универсальная дробилка кормов КДУ-2:*

*1 – дробильный аппарат; 2 – вентилятор; 3 – загрузочный ковш; 4 – рукава выгрузки; 5 – шлюзовой затвор; 6 – циклон; 7 – кормовой трубопровод; 8 – воздушный трубопровод; 9 – фильтровальный рукав; 10 – амперметр-индикатор; 11 – червячный редуктор; 12 – ножевой барабан; 13 – рычаг включения; 14 – подающий транспортер; 15 – электродвигатель; 16 – рама; 17 – подпрессовывающий транспортер; 18 – редуктор*

### 1.4.2. Устройство дробилки КДУ-2

Универсальная кормодробилка КДУ-2 «Украинка» состоит из следующих основных узлов (рис. 5): дробильного аппарата 1 и вентилятора 2, загрузочного ковша 3, рукава выгрузки 4, шлюзового затвора 5, циклона 6, кормового трубопровода 7, воздушного трубопровода 8, фильтровального рукава 9, амперметр-индикатора 10, червячного редуктора 11, ножевого барабана 12, рычага включения 13, подающего транспортера 14, электродвигателя 15, рамы 16, подпрессовывающего транспортера 17, редуктора 18.

Дробильная камера состоит литого чугунного корпуса (рисунок б) с вставными боковинами, несущими корпусы подшипников главного вала дробилки и задней стенки, выполненной в виде откидывающейся на шарнире крышки 6, установленной на раме 14. Боковины дробильной камеры жестко закреплены на корпусе болтами.

Внутри дробильной камеры на главном валу расположен дробильный барабан 1. На одном конце вала находится приводной шестиручьевый шкив, на другом конце вала закреплен ротор вентилятора. Кожух вентилятора, имеющий улиткообразную форму, жестко прикреплен болтами к корпусу подшипника главного вала и к боковине дробильной камеры.

В заднюю часть дробильной камеры вставляется сменное решето 2, зажимаемое в рабочем положении при подтягивании крышки камеры накладными замками. При откидывании крышки наружу сменное решето свободно выпадает из дробильной камеры.

Крышка дробильной камеры образует зарешетную полость, через которую воздушный поток, выходящий из дробильной камеры вместе с частицами измельченного корма через всасывающий соединительный трубопровод, направляется в вентилятор.

Дробильный барабан (рис. 7) состоит из восьми плоских дисков 6, закрепленных на шпонке 11 на главном валу через распорные шайбы 8. В периферийной части через диски проходят шесть стальных пальцев 9, на которых шарнирно крепятся комплекты дробильных молотков 7 (по 15 штук в комплекте). Заданное расстояние между молотками фиксируется распорными втулками 8.

Вентилятор 2 (см. рис. 5) дробилки имеет шестилопастной ротор. Всасывающий трубопровод вентилятора имеет съемное колено, закрепляемое четырьмя накладными замками. Привод дробильного барабана и вентилятора осуществляется от вала электродвигателя 15

шестью ремнями. От вала дробильного барабана одним клиновым ремнем через червячный редуктор 11 осуществляется привод шлюзового затвора 5.

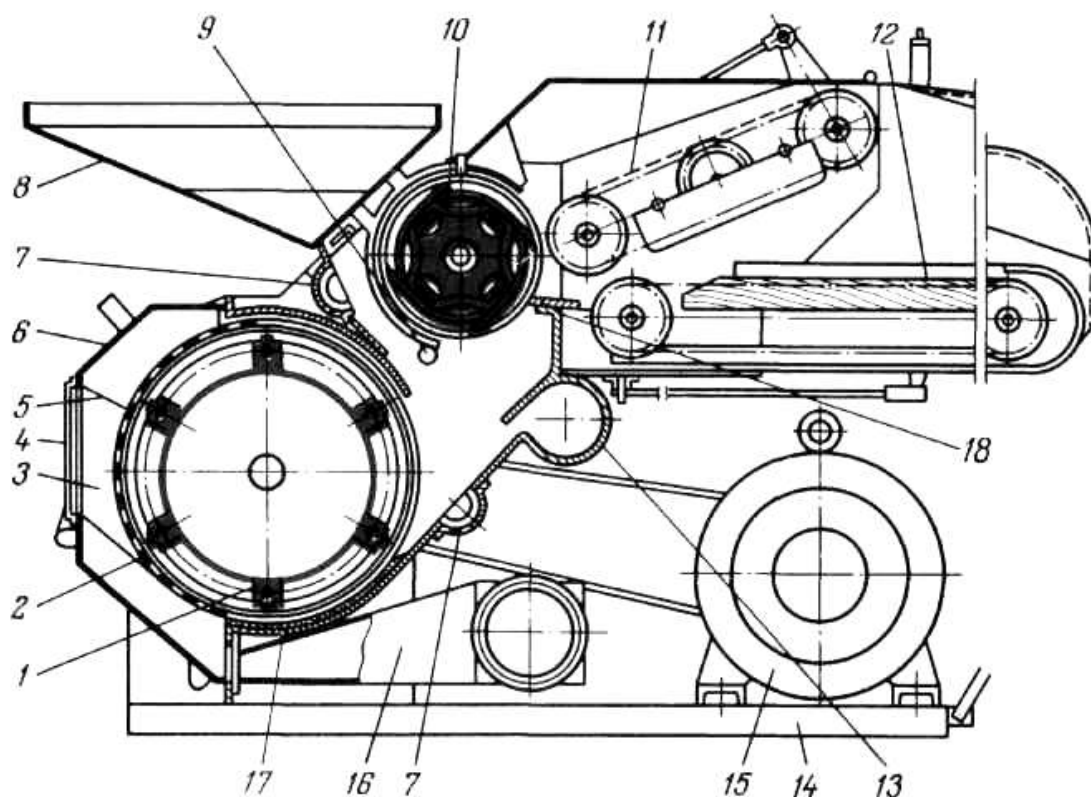


Рисунок 6 – Схема дробилки КДУ-2 (разрез):

1 – дробильный барабан; 2 – сменное решето; 3 – зарешетная камера; 4 – люк выброса; 5 – вставная выбросная горловина; 6 – крышка дробильной камеры; 7 – магнитный сепаратор; 8 – ковш-бункер для сыпучих кормов; 9 – патрубок для воды; 10 – режущий барабан; 11 – подпрессовывающий транспортер; 12 – питающий (подающий) транспортер; 13 – приемный воздушный патрубок; 14 – рама; 15 – электродвигатель; 16 – отсасывающий патрубок вентилятора; 17 – дека; 18 – противорежущая пластина

Циклон 6 (см. рис. 5) с расположенным под ним шлюзовым затвором 5 крепится рядом с дробильной камерой на приставной раме.

Циклон выполнен из листовой стали толщиной 1,4 мм, состоит из нижней конусной части и верхней цилиндрической со спиральной входной горловиной. Верхняя выходная горловина выполнена в виде улитки. Нижний обрез конусной части циклона соединен со шлюзовым затвором. В нижней конической части циклона имеется два окна: смотровое, закрытое оргстеклом, и очистное, закрытое быстросъемной крышкой.

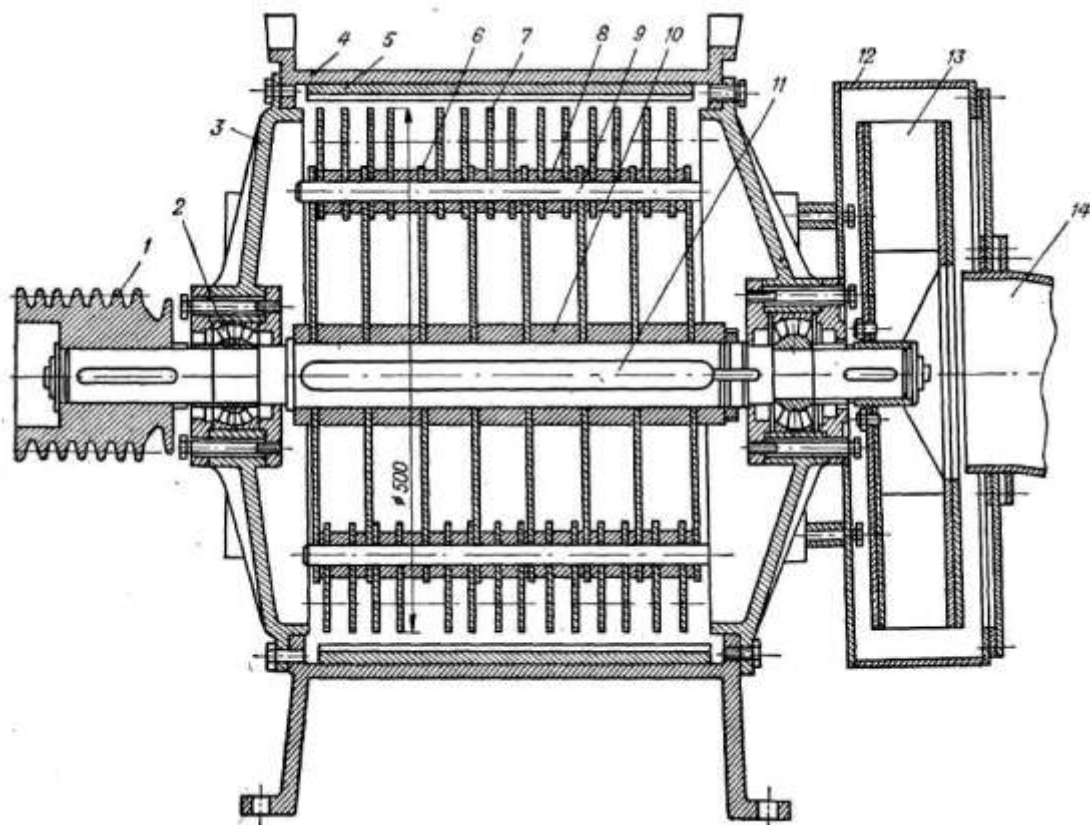


Рисунок 7 – Молотковый барабан КДУ-2 с вентилятором:

1 – шкив; 2 – роликподшипник двухрядный сферический; 3 – боковина; 4 – корпус; 5 – дека; 6 – диск; 7 – молоток; 8 и 10 – распорные втулки; 9 – палец; 11 – шпонка; 12 – кожух вентилятора; 13 – ротор вентилятора; 14 – всасывающая труба

Шлюзовой затвор 5 (см. рис. 5) состоит из литого чугунного корпуса, двух боковин, отлитых совместно с корпусами подшипников, и ротора, вращающегося внутри корпуса.

В нижней части шлюзового затвора крепится двухпатрубковый раструб 4 с перекидной заслонкой и мешкодержателями. Приемная горловина циклона соединена трубопроводом с вентилятором, выходная горловина соединена с дробильной камерой обратным трубопроводом. Для устранения местного подпора воздуха перед входом в дробильную камеру прямой участок трубопровода выполнен в виде плотняного фильтрующего рукава 9 увеличенного диаметра, через который утекает часть воздушного потока замкнутой воздушной системы. Недостающее количество воздуха возмещается подсосыванием его вместе с кормом, поступающим в дробилку.

Измельчающее устройство дробилки КДУ-2 включает (см. рис. 6): режущий барабан 10, транспортерный питатель для подачи грубых и сочных кормов и зерновой ковш 8 для подачи зерна. Измельчающее

устройство закрепляется на парадном наклонном окне корпуса дробильного барабана.

Режущий барабан 10 имеет три спирально выгнутых ножа, каждый из которых жестко закреплен двумя болтами на опорных поверхностях двух стальных дисков. Каждый нож установлен с зазором до 0,5 мм относительно режущей кромки противорежущей пластины 18 посредством двух упорных винтов. Вал ножевого барабана вращается на конических роликоподшипниках, запрессованных в чугунные литые корпуса, которые жестко крепятся в гнездах стенок рамы режущего аппарата.

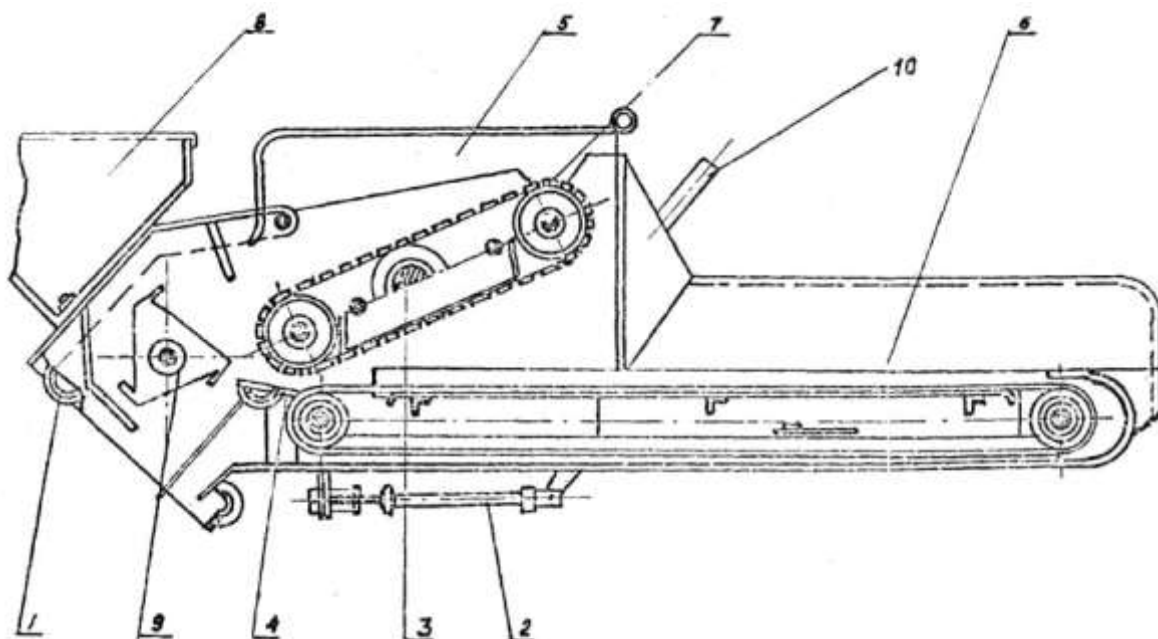
В средней части камеры между режущим барабаном и лентой 12 транспортерного питателя на специально приваренной опоре закреплена массивная стальная противорежущая пластина 18. Противорежущая пластина имеет специальную планку для установки минимального зазора с рабочей поверхностью транспортной ленты, предотвращающего затягивание корма в щель между противорежущей пластиной и лентой. На одном конце вала ножевого барабана установлена муфта предельного момента с двухручьевой клиноременной передачей от вала электродвигателя. На другом конце ножевого барабана установлена ведущая звездочка цепной передачи к редуктору транспортерного питателя.

Транспортерный питатель для подачи в дробилку грубых и сочных кормов состоит из горизонтального ленточного транспортера 6 (рис. 8) и наклонного прессующего транспортера 7 плавающего типа.

Транспортерная лента горизонтального транспортера изготовлена из прорезиненной ленты, концы которой соединены замком. Пластины наклонного транспортера имеют вертикальные захватывающие ребра. Рамку верхнего наклонного транспортера образуют две пластинчатые боковины, соединенные двумя стяжными болтами с внутренней коробкообразной лыжей. На нижнем валу транспортера, который вращается в опорах подшипников, жестко закреплены звездочки и ролик. Верхние подшипниковые опоры боковин шарнирно закреплены в обоймах вертикальных стенок кожуха транспортера, обеспечивая возможность свободного поворачивания всего транспортера.

На выступающие концы подшипниковых опор с обеих сторон надеты отходящие вверх рычаги, соединенные натяжными пружинными устройствами, обеспечивающими прижим наклонного транспортера вниз. Перемещение вниз нижней части наклонного транспортера ограничивается упорными пластинками, закрепленными на вертикальных стенках кожуха транспортера. К правой стенке над противорежущей пластиной прикреплен отсекаТЕЛЬ.





*Рисунок 8 – Питатель (продольный разрез):*

*1 – магнитный сепаратор; 2 – винт установочный; 3 – звездочка натяжения полотна; 4 – пластина; 5 – кожух; 6 – нижний транспортер; 7 – верхний транспортер; 8 – бункер; 9 – режущий барабан; 10 – рычаг переключения*

Привод горизонтального и наклонного транспортеров осуществляется цепными передачами от специального редуктора 18 (см. рис. 5), закрепленного под рамой горизонтального транспортера. Конструкция редуктора обеспечивает не только включение транспортеров в работу и выключение из работы, но и включение обратного хода транспортерных лент.

Зерновой бункер 8 (рис. 8) закреплен над верхним окном камеры ножевого барабана. В задней скатной стенке камеры закреплены магнитный сепаратор 1 для металлических включений зерна, проходящего из ковша в дробильную камеру. Для регулирования подачи зерна в приемной горловине зернового ковша установлена поворотная заслонка с рычажным механизмом и фиксирующим зажимом.

Электрооборудование кормодробилки состоит из электродвигателя 15 (рис. 5) типа А02-72-4 мощностью 30 кВт, шкафа электрооборудования и амперметра-индикатора 10. Электродвигатель установлен на раме 16 машины под питающим транспортером. На валу электродвигателя закреплен восьмиручьевый двухступенчатый шкив клиноременной передачи. Шесть клиновых ремней от одной ступени шкива передают вращательное движение дробильному барабану и вентилятору. Два ремня от второй ступени шкива вращают ножевой

барабан.

Для облегчения запуска мощного двигателя, удобства управления и контроля над степенью его загрузки и загрузки самой дробилки агрегат укомплектован магнитным пускателем с пусковой кнопкой, плавкими предохранителями, пакетным переключателем, автоматической фрикционной муфтой центробежного действия и амперметр-индикатором. Магнитный пускатель снабжен тепловым реле, отключающим электродвигатель от силовой сети при длительной перегрузке. Для защиты электродвигателя от коротких замыканий и кратковременных больших перегрузок служат плавкие предохранители, включенные в электрическую цепь перед магнитным пускателем. Магнитный пускатель, плавкие предохранители и пакетный переключатель смонтированы в специальном выносном шкафу, который вешают на стену в помещении, где работает кормодробилка.

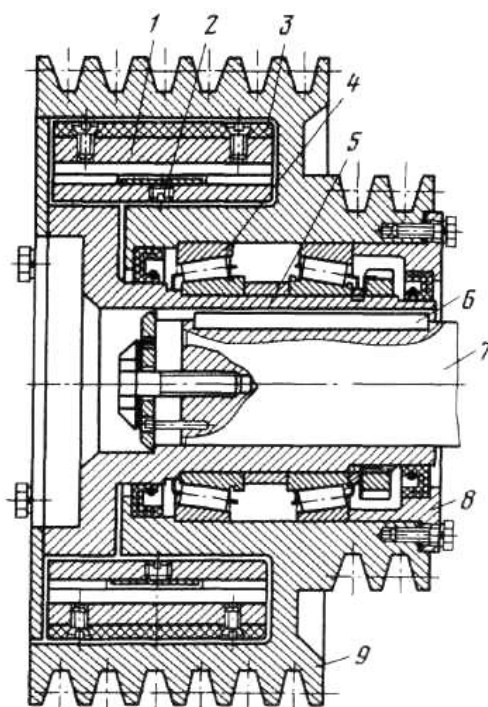
Амперметр-индикатор предназначен для наблюдения за нагрузкой машины в процессе работы и позволяет лучше ее регулировать. Он включен в одну из фаз силовой сети, подводящей ток к электродвигателю. В качестве индикатора нагрузки используется специальный виброустойчивый малогабаритный амперметр, допускающий большой перегрузочный ток во время пуска электродвигателя в работу. Амперметр-индикатор и пусковая кнопка магнитного пускателя закреплены на пружинах специальной рамки, установленной на корпусе дробилки. Рамка с приборами сделана поворотной и обеспечивает удобное наблюдение за показанием амперметра с рабочего места у машины. Наиболее экономичная и производительная работа дробилки достигается при загрузке электродвигателя до 55–60 А по показанию амперметра. Загрузка кормов свыше данного предела приведет к перегреву электродвигателя и может вызвать его выход из строя.

Фрикционная, автоматически действующая центробежная муфта служит для облегчения пуска в работу двигателя в агрегате с дробилкой (рис. 9).

Она устроена следующим образом. Внутри полого шкива 9, вращающегося на валу электродвигателя в двух шарикоподшипниках, помещают четыре фрикционные колодки 1, закрепленные на плоских пружинах 2. Пружины связаны с крестовиной 5, посаженной прочно на вал электродвигателя 7. Полый шкив соединен клиновидными ремнями со шкивом молоткового барабана кормодробилки. В первый момент пуска электродвигателя в работу шкив, свободно посаженный на валу, стоит на месте, вследствие торможения привод-

ными ремнями.

Затем по мере увеличения частоты вращения вала электродвигателя фрикционные колодки, благодаря центробежной силе, преодолевают упругое сопротивление пружин и входят в соприкосновение со шкивом. Этим они приводят его во вращательное движение и, таким образом, обеспечивается автоматическое включение в работу дробилки при достижении валом двигателя определенной частоты вращения ( $1000-1100 \text{ мин}^{-1}$ ).

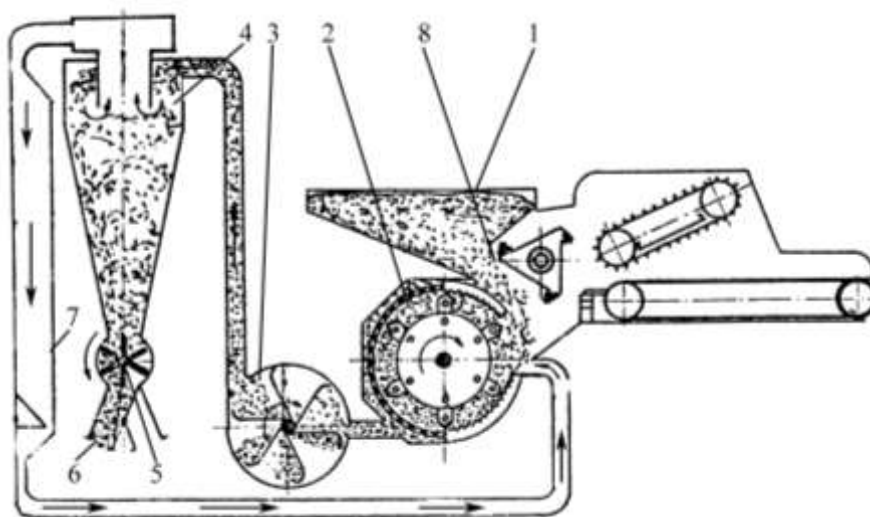


*Рисунок 9 – Фрикционная центробежная муфта:*

*1 – колодка; 2 – пластинчатая пружина; 3 – фрикционная накладка;  
4 – конический роликовый подшипник; 5 – крестовина; 6 – шпонка; 7 – вал  
электродвигателя; 8 – крышка; 9 – шкив*

### **1.4.3. Принцип работы и технологический процесс**

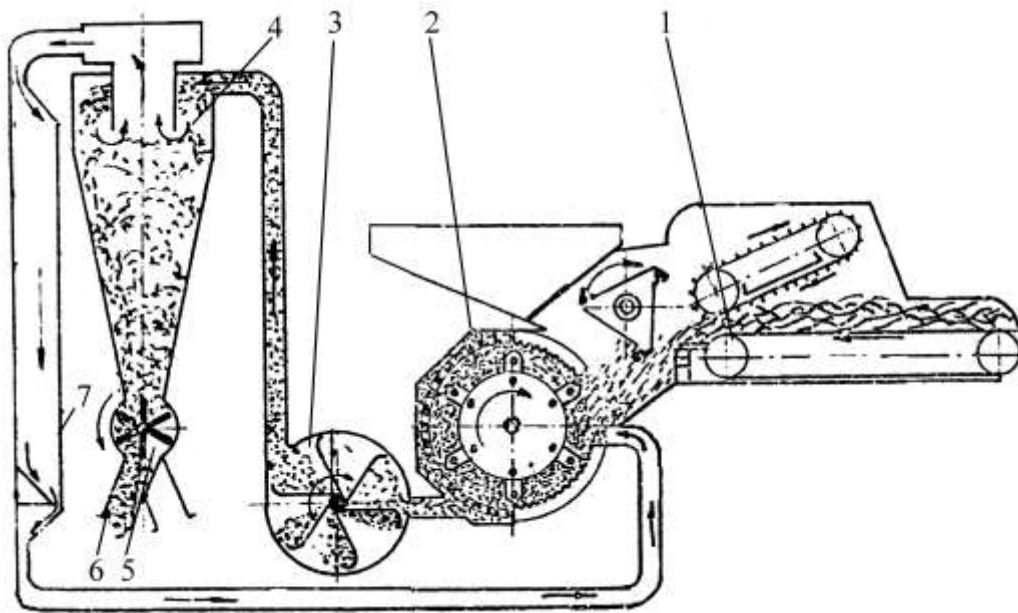
Технологический процесс работы дробилки КДУ-2 представлен на рисунке 10.



*Рисунок 10 – Технологическая схема измельчения сыпучих кормов:  
 1 – бункер; 2 – дробильная камера; 3 – вентилятор; 4 – циклон; 5 – шлюзовой затвор; 6 – раструб мешкодержателей; 7 – фильтровальный рукав;  
 8 – заслонка*

Из приемного бункера 1 зерно, проходя по наклонному днищу горловины, очищается магнитным сепаратором от случайно попавших металлических предметов и попадает в дробильную камеру, где под действием ударов молотков, дек и решета дробится. Измельченные частицы диаметром, равным диаметру отверстий решета или меньше его, проваливаются в зарешетную полость, из которой потоком воздуха, создаваемого вентилятором 3, по всасывающему патрубку и напорному трубопроводу переносятся в циклон 4. В циклоне происходит отделение воздуха от частиц продукта, которые оседают вниз и лопастями ротора шлюзового затвора 5 через раструбы 6 мешкодержателя сбрасываются в мешки или приемный ковш транспортера. Воздух через обратный трубопровод, фильтровальный рукав 7 и приемный воздушный патрубок попадает обратно в дробильную камеру.

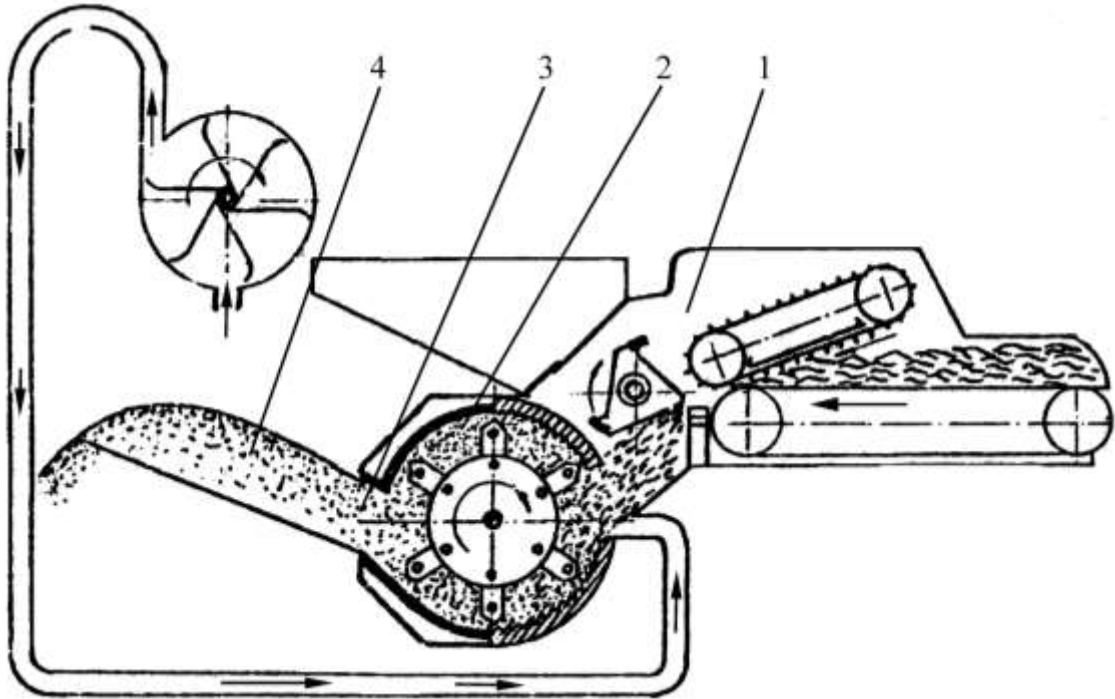
При измельчении грубых кормов в муку, например, сена или кукурузных початков, в работу включается измельчающий аппарат, и подача корма в дробильную камеру осуществляется питателем 1 (рис. 11). Горловина зернового ковша перекрывается.



*Рисунок 11 – Технологическая схема измельчения несыпучих сухих кормов: 1 – питатель; 2 – дробильная камера; 3 – вентилятор; 4 – циклон; 5 – шлюзовой затвор; 6 – раструб мешкодержателей; 7 – фильтровальный рукав*

На время запуска электродвигателя отключают питающие транспортеры, для этого рычаг переключения ставят в среднее положение. С установлением нормальной частоты вращения ротора дробилки включают питающие транспортеры на подачу материала. Загружается корм равномерным слоем на ленту транспортера. Частицы корма, отрезанные ножами, отбрасываются на скатную доску и под действием струи обратного потока воздуха поступают в дробильную камеру, где дробятся до требуемых размеров и транспортируются аналогично сыпучим кормам. Загрузка контролируется также по амперметру-индикатору. При перегрузке материалом режущего аппарата срабатывает муфта предельного момента на валу режущего барабана. В этом случае следует немедленно остановить машину кнопкой «стоп»; пакетным выключателем на панели шкафа электрооборудования. Затем вручную за ремни повернуть режущий аппарат обратным вращением и удалить попавший предмет.

При резке и измельчении сочных кормов (рис. 12) всасывающий патрубок отъединяется от крышки вентилятора, на входной патрубок ставится ограничительная сетка.



*Рисунок 12 – Технологическая схема измельчения влажных кормов:  
 1 – питатель; 2 – дробильная камера; 3 – выбросная горловина;  
 4 – дефлектор*

Вместо сменного решета вставляется выбросная горловина 3 и открывается окно в крышке дробильной камеры 2. Снаружи под окном устанавливается отражательный козырек-дефлектор 4. В этом случае корм питающими транспортерами подается в ножевой барабан, измельчается и попадает в дробильную камеру, где происходит окончательное его измельчение. Выбрасывание измельченного корма производится молотками ротора дробилки через вставную горловину и заднее окно в крышке дробильной камеры. Воздушный поток, создаваемый вентилятором, проходя через циклон, обратный трубопровод, дробильную камеру и выбросную горловину, препятствует налипанию корма на стенках камеры и способствует выбрасыванию измельченного продукта.

Техническая характеристика дробилки КДУ-2 представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Техническая характеристика КДУ-2

Показатель	Значение
Производительность, в т. ч:	
при измельчении фуражного зерна	2,0
при измельчении жмыха	3,0
при измельчении сена в муку	0,8
при измельчении корнеклубнеплодов	5,0
при измельчении силоса и зеленой массы	3,0
Установленная мощность электродвигателя, кВт	30
Частота вращения молоткового барабана, мин <sup>-1</sup>	2725
Число молотков на барабане, шт.	90
Частота вращения ножевого барабана, мин <sup>-1</sup>	600
Число ножей, шт.	3
Скорость полотна транспортера, м/с	0,22
Вместимость загрузочного ковша, м <sup>3</sup>	0,15

### 1.5. Дробилка безрешетная ДБ-5

Достоинство конструкции новой машины ДБ-5 заключается в следующем.

В конструкции дробилки отсутствуют быстроизнашивающиеся узлы и детали: решетка, вентилятор, шлюзовая камера.

Автоматический регулятор загрузки позволяет поддерживать оптимальную подачу зерна в дробилку.

Безрешетный принцип измельчения зерна и отбора готового продукта позволяет получить по сравнению с КДУ-2 в 2 раза большую производительность, меньшие в 1,6 раз энергоемкость и в 1,4 – металлоемкость (данные ВНИИМОЖа).

Наличие в конструкции машины загрузочного и выгрузного шнеков позволяет облегчить труд обслуживающего персонала и снизить затраты труда.

Установленный на загрузочном шнеке камнеуловитель препятствует попаданию крупных инородных предметов в дробильную камеру.

### 1.5.1. Устройство и работа составных частей дробилки ДБ-5

Дробилка состоит из следующих основных частей: ротора, корпуса, бункера, камеры разделительной, рамы и электродвигателя (рис. 13).

Ротор (рис. 14) состоит из вала 4 с набором дисков 3 и шарнирно качающихся на осях молотков 1. Диски и распорные втулки 5 на валу удерживаются с помощью гайки. Расстояние между молотками на осях обеспечивается с помощью распорных втулок 8 и шплинтов. Схема расположения молотков представлена на рисунке 17. Расстановку молотков на роторе проводят с таким расчетом, чтобы измельчаемый материал распределялся по длине камеры как можно равномернее. Это обеспечивается при размещении молотков на роторе по схеме сходящихся винтовых линий. Такое размещение молотков позволяет увеличить срок службы молотков без их перестановки на 20 % и производительность дробилок на 10 % по сравнению с шахматным расположением.

Вал ротора установлен на сферических двухрядных роликоподшипниках 6, которые установлены в корпусах 7 (рис. 14).

Вращение ротора осуществляется от электродвигателя через втулочно-пальцевую муфту 9.

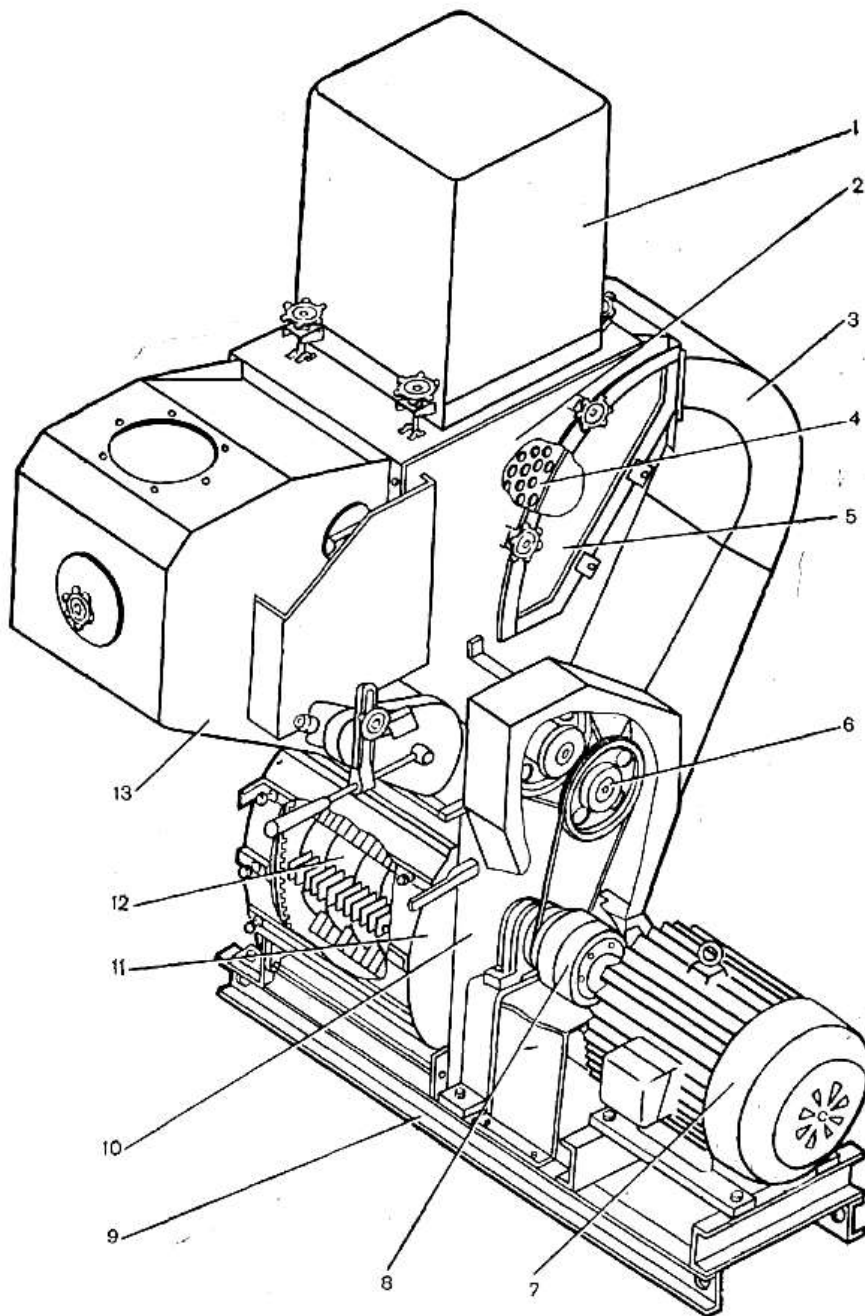
Корпус имеет горловины для установки разделительной камеры и кормопровода. Для обслуживания дробильной камеры предусмотрена откидная крышка.

Внутренняя цилиндрическая поверхность корпуса выложена деками, которые опираются на секторы и прижимаются к ним болтами. В нижней части корпуса имеются лапы для крепления их к раме.

Для предотвращения случайного включения дробилки при открытой крышке на корпусе установлен конечный выключатель.

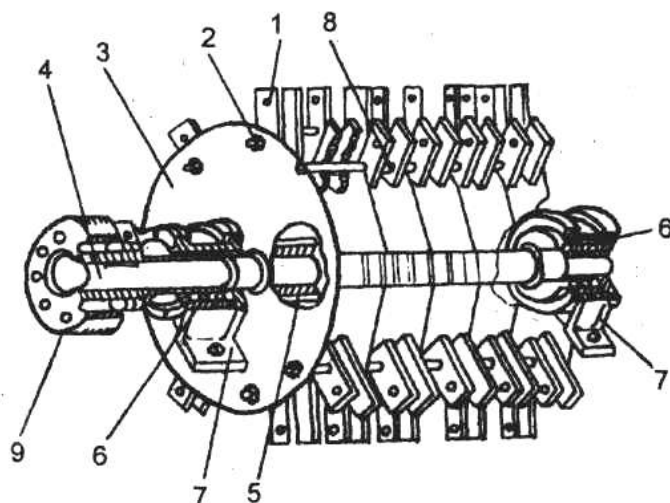
Бункер имеет загрузочное и смотровое окна. В нижней части бункера установлен привод заслонки (рис. 16).



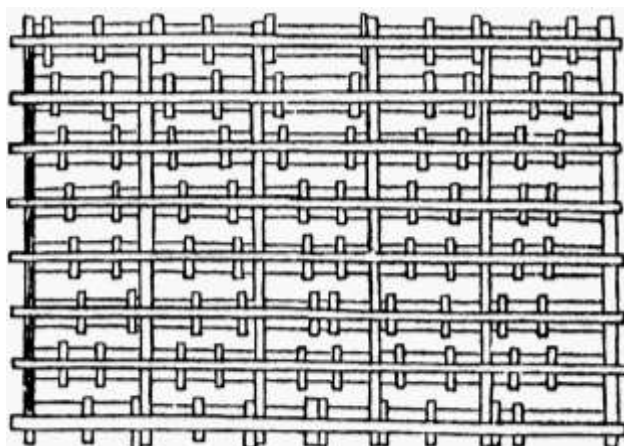


*Рисунок 13 – Общий вид дробилки ДБ-5:*

*1 – фильтр; 2 – разделительная камера; 3 – кормопровод; 4 – сепаратор; 5 – откидная крышка; 6 – ведомый двухступенчатый шкив; 7 – электродвигатель; 8 – втулочно-пальцевая муфта; 9 – рама; 10 – дробильная камера; 11 – откидная крышка; 12 – ротор; 13 – зерновой бункер*



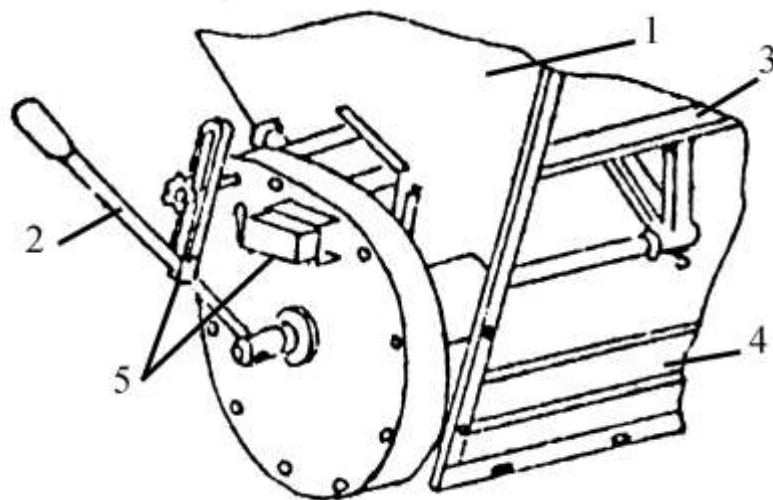
*Рисунок 14 – Ротор дробилки:  
 1 – молоток; 2 – ось; 3 – диск; 4 – вал; 5 – втулка;  
 6 – двухрядный роликоподшипник; 7 – корпус; 8 – распорная втулка;  
 9 – муфта*



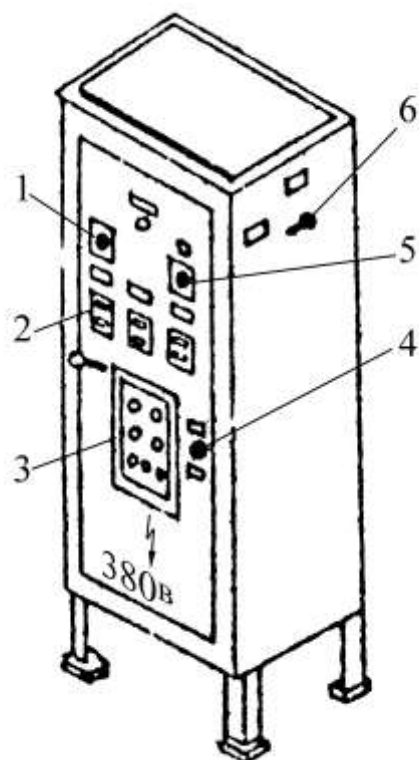
*Рисунок 15 – Схема размещения молотков на роторе дробилки*

По высоте в бункере расположены датчики нижнего и верхнего уровней, посредством которых включается и выключается загрузочный шнек.

Поворот заслонки осуществляется как от привода, так и рычагом. При ручном управлении контроль над загрузкой ведется по показаниям амперметра 1, установленного на шкафу управления (рис. 17).



*Рисунок 16 – Привод заслонки*



*Рисунок 17 – Шкаф управления:*

*1 – амперметр; 2 – кнопки включения; 3 – регулятор автоматический;  
4 – тумблер; 5 – переключатель режимов; 6 – сетевой выключатель*

При установившемся ручном режиме рычаг необходимо зафиксировать.

Привод заслонки состоит из электродвигателя РД-09, зубчатой передачи и вала, на котором закреплена заслонка.

Все механизмы привода смонтированы в корпусе. На крышке корпуса установлен концевой выключатель, который в автоматическом режиме замыкает цепь звуковой сирены при прекращении поступления зерна. Рычаг позволяет поворачивать заслонку и производить его стопорение при ручном управлении.

Блок питания электромагнитной муфты расположен в шкафу управления.

Камера разделительная 2 (рис. 13) предназначена для сепарирования измельченных частиц по размерам с направлением на доизмельчение крупной фракции. Внутри камеры выполнены два канала (см. рис. 23): канал 8 для возврата крупной фракции в дробильную камеру, канал 3 для рециркулирования воздуха.

Для изменения качества получаемого продукта камера имеет две регулировки: основную заслонку 9 и удлиняющий козырек 11.

На стенке разделительной камеры нанесены 8 позиций положения заслонки, служащих для ориентировки в выборе необходимого положения заслонки при настройке на требуемое качество (модуль помола) продукта.

Заслонка 9 предназначена для регулировки качества и производительности при измельчении зерна основных фуражных культур (ячменя, пшеницы, гороха, кукурузы) и зерносмесей кондиционной влажности.

Удлиняющий козырек 11 используется при измельчении овса, а также некондиционного зерна других культур (влажное, прелое).

Положение заслонок в зависимости от положения рычага показаны на рисунке 18.

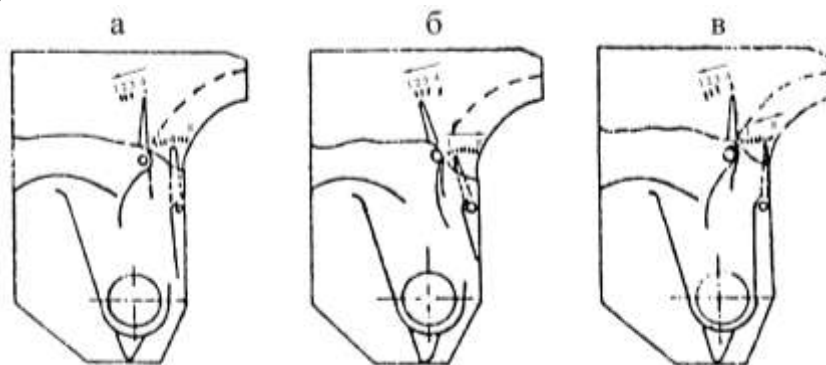


Рисунок 18 – Схема положений заслонок: а – средний помол; б – мелкий помол; в – крупный помол

Основная заслонка 9 (рис. 23) обеспечивает полное бесступенчатое регулирование качества помола и получение измельченного продукта, пригодного для скармливания всем видам и возрастным группам животных.

При первом положении возвратный канал полностью открыт и крупные частицы продукта пролетают в возвратный канал 8 на доизмельчение. Мелкие частицы, вынесенные в зону действия выгрузного шнека через окно, эвакуируются из разделительной камеры. Часть воздуха с вынесенными частицами пыли возвращается вместе с зерном по каналу 3 в дробильную камеру 5, а часть через матерчатый фильтр 10 выбрасывается в атмосферу. При этом обеспечивается самый мелкий помол.

С перемещением заслонки по ходу стрелки в зону крупных помолов (рис. 19) щель возврата канала 8 (см. рис. 23) уменьшается, расход воздуха через окно увеличивается, что обеспечивает более интенсивный вынос продукта в зону действия выгрузного шнека 4, в результате чего средние размеры частиц получаемого продукта возрастают.

При переводе стрелки в положение 8 (рис. 19) заслонка полностью перекрывает возвратный канал 8 (см. рис. 23) и продукт из дробильной камеры поступает на выгрузку без сепарирования. При этом обеспечивается самый крупный комол.

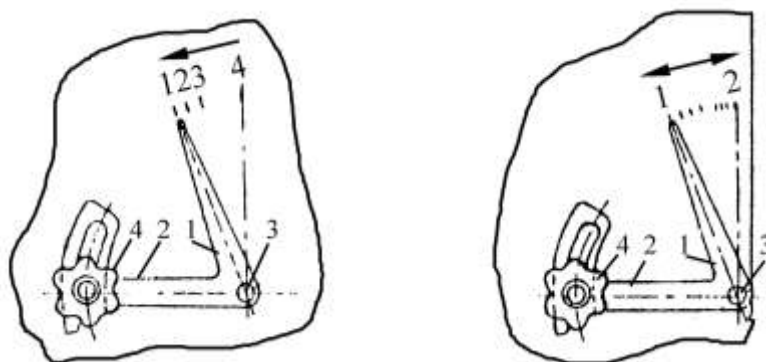


Рисунок 19 – Механизм управления заслонками:  
1 – стрелка; 2 – рычаг; 3 – ось заслонки; 4 – маховичок

С изменением вида и исходных свойств зерна степень его измельчения, полученная при фиксированном положении заслонки, не идентична. Поэтому для каждого состояния исходного продукта необходимо подобрать положение заслонки по качеству получаемого продукта в соответствии с задаваемым качеством помола.

Удлиняющий козырек (см. рис. 23) используется при измельчении овса или для получения наиболее мелких модулей помола и имеет четыре прочих положения (рис. 19). При первом положении удлиняющий козырек, который прилегает к задней поверхности дефлектора 6, обеспечивает самый мелкий помол.

При измельчении основных фуражных культур удлиняющий козырек должен находиться в положении 4 (рис. 19), т. е. отводится от соприкосновения с продуктовым потоком.

При остальных положениях поверхность козырька отклонена внутрь разделительной камеры. Изменение степени измельчения овса в интервале величины среднего помола достигается перемещением удлиняющего козырька в зону положений стрелки 2–3 (рис. 19).

Для получения грубого помола овса удлиняющий козырек переводится в зону положений стрелки 3–4 (рис. 19).

С износом рабочих граней молотков качество измельчения зерна в дробильной камере изменяется, степень помола увеличивается с некоторым повышением производительности. Одновременно снижается напор воздуха в кормопроводе и возможно нарушение технологического процесса дробления. Поэтому с износом молотков для получения устойчивой работы дробилки необходимо переводить заслонки в сторону получения более крупного помола.

При значительном износе молотков и необходимости получения мелких и средних модулей помола овса для вывода дробилки на устойчивый режим рекомендуется перед измельчением овса заполнить зерновой бункер другой фуражной культурой (ячмень, пшеница).

Долговечность рабочих граней молотков зависит от свойств зерна, его засоренности минеральными примесями, установленной степени измельчения. Поэтому для конкретных условий использования дробилки за предельный износ молотков следует считать наступление технологических отказов (залегание продукта в дробильной камере) при заданной степени измельчения зерна.

Установка требуемых положений заслонок 9 и удлиняющего козырька 11 (рис. 23) осуществляется посредством рычагов 2, соединенных с осями 3 (рис. 19).

Процесс регулировки осуществляется в следующей последовательности: отвинтив маховичок 4, переродим рычаг в требуемое положение, контролируемое стрелкой 1. Фиксирование требуемого положения производится завинчиванием маховичка.

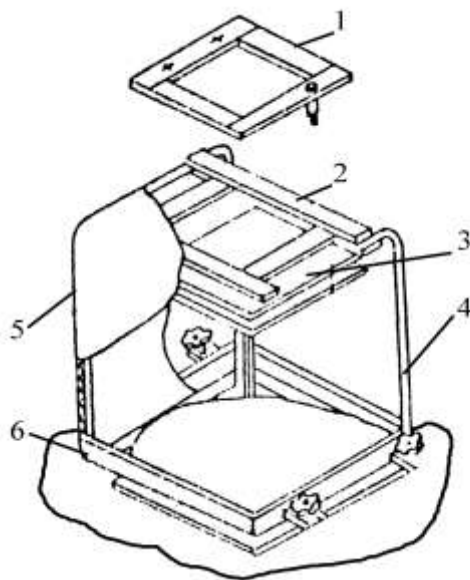
На верхней части разделительной камеры с помощью каркаса,

состоящего из двух скоб, рамки и четырех откидных болтов, крепится тканевый фильтр для частичного сброса циркулируемого в дробилке воздуха.

Каркас фильтра дробилки ДБ–5 состоит из двух скоб 7 (рис. 20) и рамки 2, к которой крепится взрыворазрядное устройство, состоящее из рамки 1, мембраны 3 и рамки 4.

В нижней части разделительной камеры 12 установлен шнек 4 для выгрузки готового продукта (см. рис. 23).

Привод осуществляется двухступенчатой ременной передачей. Ведущий шкив первой ступени выполнен заодно с втулочно-пальцевой полумуфтой. Ведомый двухступенчатый шкив первой ступени является ведущим для второй ступени.



*Рисунок 20 – Каркас фильтра дробилки:*

*1 – рамка; 2 – рамка; 3 – мембрана; 4 – рамка; 5 – фильтр; 6 – рамка;  
7 – скоба*

На раму (см. рис. 13) крепится корпус дробилки и электродвигатель.

Загрузочный шнек (см. рис. 23) предназначен для подачи зерна в зерновой бункер. Шнек снабжен дополнительным шнеком 4, который обеспечивает его самопогружение в зерновой бункер.

Дополнительный шнек крепится к кожуху 2. Вращение его осуществляется от основного шнека цепной передачей, которая плотно закрыта кожухом.

Выгрузной шнек (рис. 21) отличается от загрузочного тем, что на нем отсутствует дополнительный шнек, а загрузочная горловина расположена в верхней части.

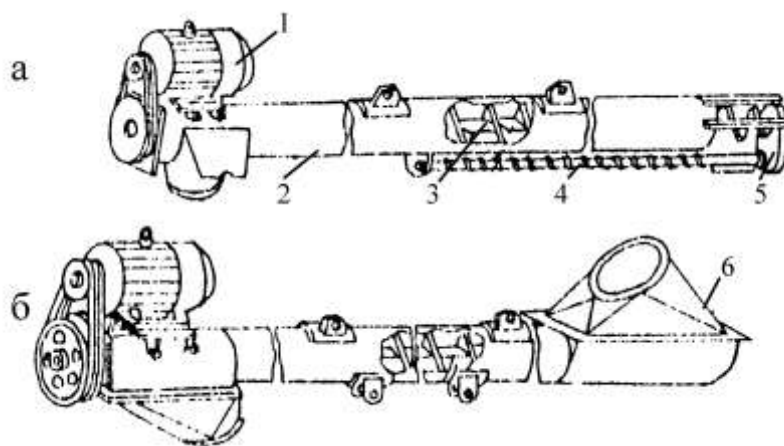


Рисунок 21 – Шнеки:

*а* – загрузочный; *б* – выгрузной; 1 – электродвигатель; 2 – кожух; 3 – основной шнек; 4 – дополнительный шнек; 5 – кожух; 6 – лоток

Выгрузной шнек установлен на винтовой подставке, обеспечивающей регулировку по высоте.

Для уменьшения усилия вращения при подъеме шнека гайка винта установлена на упорном шарикоподшипнике.

Для предотвращения произвольного самоотворачивания гайки служит скоба, которая после установки шнека набрасывается на одну из рукояток гайки.

На дверях шкафа управления (см. рис. 17) находится основная аппаратура: амперметр 1, показывающий нагрузку электродвигателя привода дробилки, переключатель режимов 5, а также кнопки включения дробилки и шнеков 2. Под ними установлен регулятор автоматический 3 и тумблер его включения 4.

Регулятор автоматический представляет собой электронный блок, который предназначен для управления приводом заслонки. Он автоматически поддерживает такое положение заслонки, при котором количество поступающего зерна обеспечивает номинальную загрузку электродвигателя.

На правой стойке шкафа управления находится сетевой выключатель 6, на левой – сирена, сигнализирующая об окончании подачи зерна в дробилку.

Схема электрическая дробилки предусматривает два режима работы: наладочный и рабочий.

Выбор режима осуществляется установкой переключателя 5 в положения «Наладка» или «Работа».

При режиме «Наладка» имеется возможность независимого



включения каждого механизма в отдельности во время технического обслуживания, монтажа и обкатки.

При режиме «Работа» осуществляется технологическая последовательность включения механизмов: шнек выгрузной, дробилка, шнек загрузочный.

Регулятор загрузки АРЗ управляет работой электродвигателя заслонки, осуществляя открытие ее по мере нарастания загрузки электродвигателя и закрытие ее при превышении номинальной загрузки.

При скачкообразных перегрузках электродвигателя дробилки регулятор через исполнительное реле отключает муфту, и заслонка прекращает поступление зерна в дробильную камеру.

Электродвигатель загрузочного шнека работает в повторном режиме.

Первоначально, при нажатии кнопки 2 запускается электродвигатель загрузочного шнека, и зерно поступает в приемный бункер. Отключение двигателя произойдет при достижении продуктом датчика верхнего уровня. Повторно его включение произойдет после освобождения продуктом датчиков верхнего и нижнего уровней. Конечный выключатель исключает запуск дробилки при открытом люке дробильного барабана. Он срабатывает при полностью открытой заслонке и включает сирену.

### **1.5.2. Принцип работы и устройство дробилки ДБ-5**

В технологический процесс (рис. 22) работы дробилки ДБ-5 входят следующие операции: загрузка зернового бункера, подача зерна на измельчение, измельчение зерна, подача измельченного материала из дробильной камеры в разделительную, разделение измельченного материала на фракции, подача готовой фракции на выгрузку, возврат недоизмельченной фракции в дробильную камеру, выгрузка готового продукта и сброс избытка воздуха через фильтрующее устройство.

Эти операции взаимосвязаны и протекают в непрерывном цикле. Однако для лучшего уяснения рассмотрим каждую операцию в отдельности.

*Загрузка зернового бункера* осуществляется загрузочным шнеком 13, который управляется с помощью герконовых датчиков нижнего и верхнего уровня 14. Как только нижний датчик освободится от зерна, подается сигнал и включается загрузочный шнек. Предна-

значенное для измельчения зерно загружается в бункер 12, после его наполнения, по сигналу датчика верхнего уровня, шнек отключается. Данная операция в процессе непрерывной работы дробилки повторяется. Таким образом обеспечивается непрерывное заполнение зернового бункера.

*Подача зерна на измельчение* происходит через канал. После сигнала автоматического регулятора заслонка 15 поднимается или опускается, поддерживая определенную толщину слоя зерна, поступающего в камеру измельчения 3. Зерно под действием силы тяжести и разрежения, создаваемого вращающимся ротором, поступает на измельчение.

*Измельчение зерна* происходит за счет воздействия на него дробильного барабана 17. Под воздействием шарнирно подвешенных молотков и дек 19 зерно измельчается за неполный оборот ротора и выносится за пределы дробильной камеры.

*Транспортирование* измельченного материала из дробильной камеры в кормопровод 7 осуществляется за счет швыркового эффекта ротора и воздушного потока, создаваемого им. Интенсификация воздушного потока происходит за счет вихревой камеры, установленной в корпусе дробилки. Смесь измельченного материала и воздуха по кормопроводу поступает в разделительную камеру 11.

*Разделение* измельченного материала на фракции протекает следующим образом. Воздушно-продуктовый слой поступает на поверхность решетного сепаратора 9. Часть измельченного зерна (мелкая фракция) проходит через отверстия сепаратора и выгружается шнеком 10 за пределы разделительной камеры.

*Подача готовой фракции* осуществляется шнеком разделительной камеры 10, который перегружает готовый продукт в выгрузной шнек 4.

*Подача недоизмельченной фракции* на возврат в дробильную камеру происходит по возвратному каналу. В зависимости от положения поворотной заслонки 8, которая управляется рычагом, выведенным на одну из боковых стенок разделительной камеры, определяется количество подаваемых на возврат фракций. Если заслонка находится в крайнем правом положении (мелкий помол), то все фракции, не прошедшие через отверстия сепаратора, по возвратному каналу поступают на доизмельчение. При среднем положении заслонки (показана пунктирной линией) часть материала возвращается на доизмельчение (средний помол), а при крайнем левом положении (крупный помол) все фракции поступают на выгрузку. В этом поло-

жении заслонки сепаратор не выполняет своей функции, т. е. нет разделения, так как весь материал идет в выгрузной шнек.

*Выгрузка готового продукта* в транспортные средства ведется специальным шнеком. Измельченный до необходимой фракции материал сначала транспортируется за пределы разделительной камеры шнеком 10, а затем через рукав – выгрузным шнеком 4.

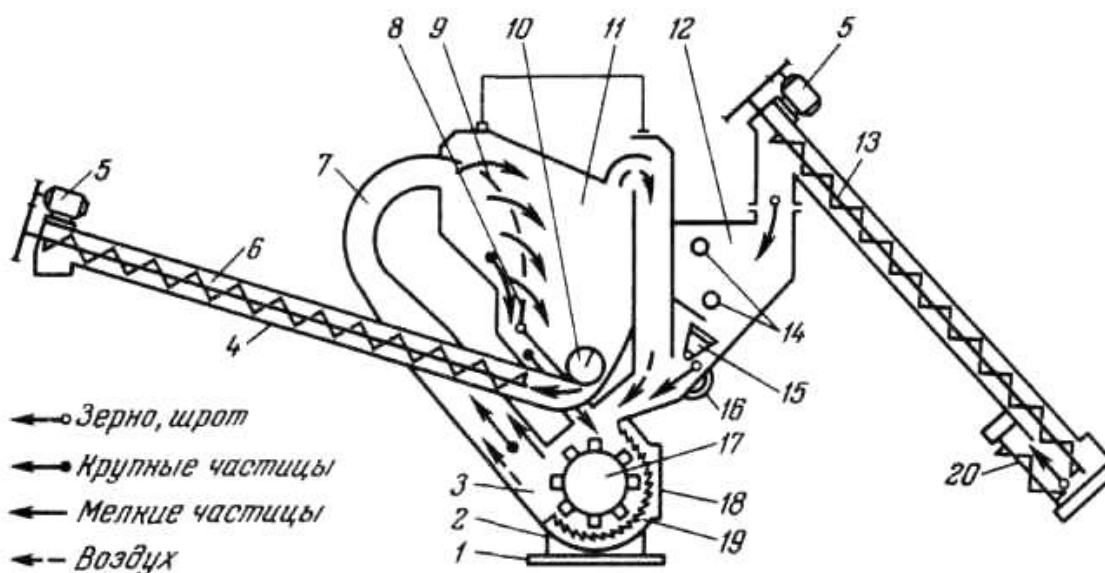


Рисунок 22 – Схема безрешетной дробилки ДБ-5:

- 1 – рама; 2 – корпус; 3 – камера измельчения; 4 – выгрузной шнек; 5 – электродвигатели шнеков; 6 – корпус шнека; 7 – кормопровод; 8 – заслонка; 9 – сепаратор; 10 – шнек разделительной камеры; 11 – разделительная камера; 12 – бункер для зерна; 13 – загрузочный шнек; 14 – датчики уровня; 15 – заслонка бункера; 16 – постоянный магнит; 17 – дробильный барабан; 18 – крышка дробильной камеры; 19 – деки; 20 – вспомогательный шнек

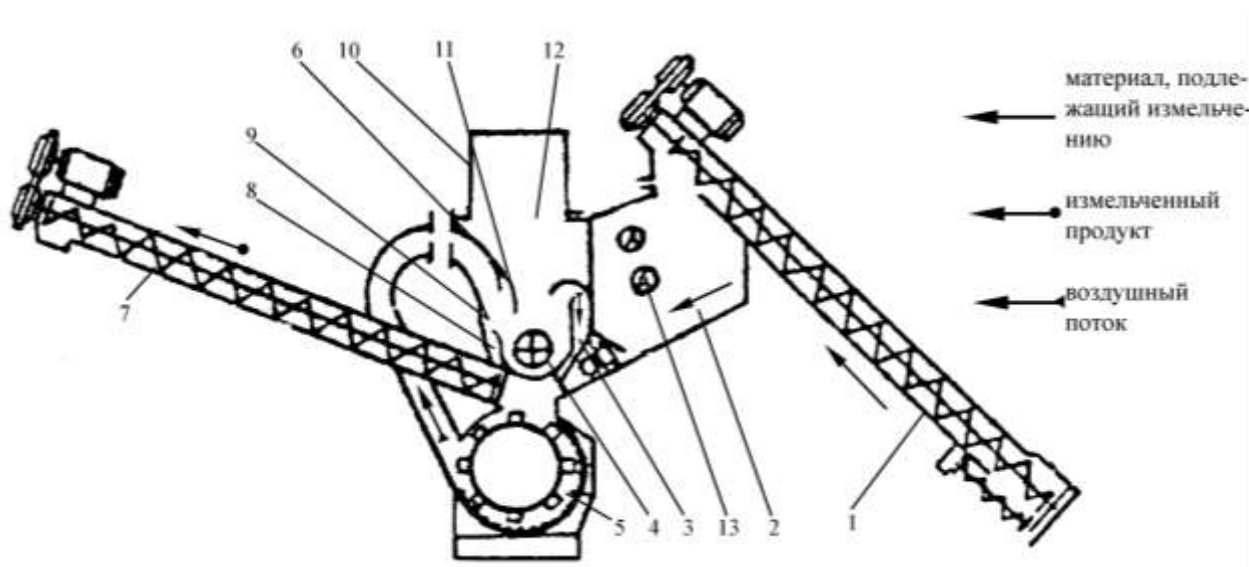
Сброс избытка воздуха осуществляется через фильтр. Смесь фракций зерна и воздуха, прошедшая через отверстия сепаратора, разделяется: зерновая фракция осаждается в зоне шнека, а запыленный воздух поднимается вверх. Часть его через канал возврата воздуха снова поступает в дробильную камеру, а избыток запыленного воздуха, пройдя через пылеотделитель, частично очистившись от пылевидных фракций, поступает в зону фильтра и, пройдя окончательную очистку, выбрасывается в атмосферу.

При работе дробилки с закрытым циклом (заслонки в правом крайнем положении) количество рециркуляционного материала зависит не только от качества измельчения, происходящего в дробильной камере, но и от способа разделения измельченного материала на фракции. В этом случае решетчатый сепаратор является активным разделителем. Если заслонки находятся в крайнем левом положении (от-

крытый цикл), сепаратор не нужен. Но так как дробилка перестраивается на различные режимы в процессе работы, а сепаратор во втором случае не оказывает отрицательного влияния на рабочий процесс, его из дробилки не вынимают.

Разработана прямоточная конструкция разделительной камеры (рис. 23).

Отличительной особенностью ее является то, что вместо решетчатого сепаратора установлена гладкая пластина, а регулировка процесса разделения измельченного продукта на фракции осуществляется заслонками, обеспечивающими мелкий, средний или крупный помол.



*Рисунок 23 – Технологическая схема безрешетной дробилки ДБ-5 с прямоточной конструкцией разделительной камеры:*

*1,7 – загрузочный и выгрузной шнеки; 2 – бункер для зерна; 3 – канал для рециркуляции воздуха; 4 – малый шнек; 5 – камера дробильная; 6 – дефлектор; 8 – возвратный канал; 9 – заслонка; 10 – фильтр; 11 – козырек; 12 – разделительная камера; 13 – датчик уровня зерна*

Для отделения из измельченного материала крупной фракции внутри разделительной камеры 12 выполнены два канала: для возврата крупной фракции в дробилку 8 и для рециркуляции воздуха 3. Предусмотрены две регулировки с помощью основной заслонки 9 и удлиняющего козырька 11, а на стенке камеры нанесены деления.

При первом положении (мелкий помол) канал для возврата крупной фракции в дробилку 8 полностью открыт и крупные частицы попадают на доизмельчение, мелкие в выгрузной шнек 4. Часть воз-

духа с вынесенными частицами пыли возвращается вместе с зерном в дробильную камеру, а часть – через матерчатый фильтр 10 в атмосферу. При этом обеспечивается самый мелкий помол.

С перемещением заслонки по ходу стрелки щель (крупный помол) возвратного канала 8 уменьшается, что обеспечивает более интенсивный вынос продукта в зону выгрузного шнека 4. В крайнем положении (деление 8) заслонка полностью перекрывает канал, продукт попадает на выгрузку без сепарирования (крупный помол).

Учитывая изменение вида и состояния продукта по влажности, в каждом конкретном случае подбирают положение заслонок соответственно требуемой тонкости помола. Удлиняющий козырек при измельчении овса или при мелком измельчении другого зерна должен полностью прилегать к задней поверхности дефлектора 6. По мере износа рабочих граней молотков также необходимо вносить корректировку в положение заслонок. Признак предельного износа молотков – залегание продукта в дробильной камере.

Отсутствие четкой регулировки степени измельчения вызывает определенные трудности при настройке и эксплуатации дробилки ДБ-5: переизмельчение материала и увеличение энергоемкости процесса.

Управление дробилкой осуществляется со шкафа управления.

Техническая характеристика дробилки ДБ-5 приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Техническая характеристика дробилки ДБ-5-1 (ДБ-5-2)

Показатель	Значение
Производительность, т/ч	6,0
Диаметр молоткового ротора, мм	500
Число молотков ротора, шт. .	80
Частота вращения ротора, мин <sup>-1</sup>	2940
Диаметр загрузочного и выгрузного шнеков, мм	125
Вместимость зернового бункера, м <sup>3</sup>	0,06
Влажность измельчаемого зерна, %	До 17
Обслуживающий персонал, чел.	1
Срок службы, лет	7

## 2. Определение степени измельчения и модуля помола зерна

Степень измельчения и зависимость ее от дек, решета и влажности продукта определяется в следующем порядке. Берутся порции зерна различной влажности в пределах 10–25 % весом каждая 3–6 кг. Влажность определяется методом выпаривания в сушильном шкафу или с помощью электровлагомера типа ВП-4.

Каждая из порций зерна дробится на лабораторной установке в три приема с одинаковой интенсивностью подачи, соответствующей средней производительности машины. Подачу регулируют открытием заслонки.

Первый прием дробления проводят со снятием с машины дек и решета, только воздействием молотков, второй – воздействием молотков и дек, третий воздействием молотков, дек и решета. В процессе дробления каждой порции замеряются: продолжительность опыта и частота вращения барабана, а у измельченного продукта – степень измельчения.

Степень измельчения определяется отношением объема частицы (зерен) до дробления к объему частиц после дробления или отношением эквивалентных диаметров частиц, равных диаметру шара, соответствующего объему частиц, т. е.:

$$\lambda = \frac{V_1}{V_2},$$

или отношением эквивалентных диаметров частиц, равных диаметру шара, соответствующего объему частиц, т. е.:

$$\lambda = \frac{d_1^3}{d_2^3}.$$

Объем отдельного зерна находят следующим образом. Отсчитывают 1000 штук зерен и взвешивают. Вес тысячи зерен определяет массу зерна. Затем зерна погружают в мензурку с водой в объеме 50–80 см<sup>3</sup>. Объем вытесненной воды, разделенной на 1000, определит объем одного зерна. Объем  $V_2$  определяют с помощью решетного

классификатора (рис. 24).

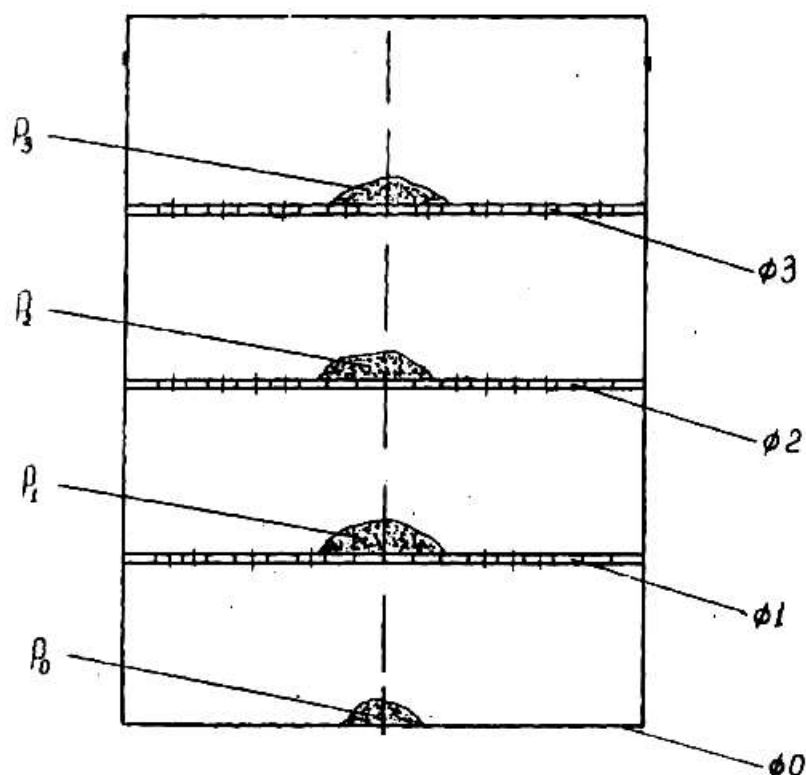


Рисунок 24 – Решетный классификатор

При дроблении зерна на дробилке с решетом, имеющим отверстия диаметром 3,6 или 8 мм, в классификатор устанавливают решета с диаметром отверстий, равным 1,2 и 3 мм.

Сто граммов дробленого продукта тщательно просеивают в классификаторе до полного разделения навески на четыре фракции. Затем каждую фракцию взвешивают, результаты в граммах подставляют в формулу

$$M = \frac{0,5P_0 + 1,5P_1 + 2,5P_2 + 3,5P_3}{N},$$

где  $M$  – средневзвешенный диаметр (модуль) частиц продукта, мм;  $P_0, P_1, P_2, P_3$  – весовые фракции (г), оставшиеся соответственно на дне и на решетках диаметром отверстий, равным 1,2 и 3 мм; 0,5; 1,5; 2,5 и 3,5 – среднеарифметические значения диаметров отверстий двух соседних решет при соответствующих весовых фракциях (мм), т.е.:

$$0,5 = \frac{d_0 + d_1}{2} = \frac{0 + 1}{2};$$

$$1,5 = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{1 + 2}{2};$$

$$2,5 = \frac{d_2 + d_3}{2} = \frac{2 + 3}{2};$$

$$3,5 = \frac{d_3 + d_4}{2} = \frac{3 + 4}{2},$$

где  $N$  – вес навески (пробы), равный 100 г.

Отождествляя модуль с эквивалентным диаметром шара, находим его объем:

$$V_2 = \frac{\pi M^3}{6} \text{ мм}^3.$$

Полученные значения степени измельчения, с учетом факторов дробления и различной влажности продукта, следует нанести на график в координатах  $W - \lambda$  (рис. 25).

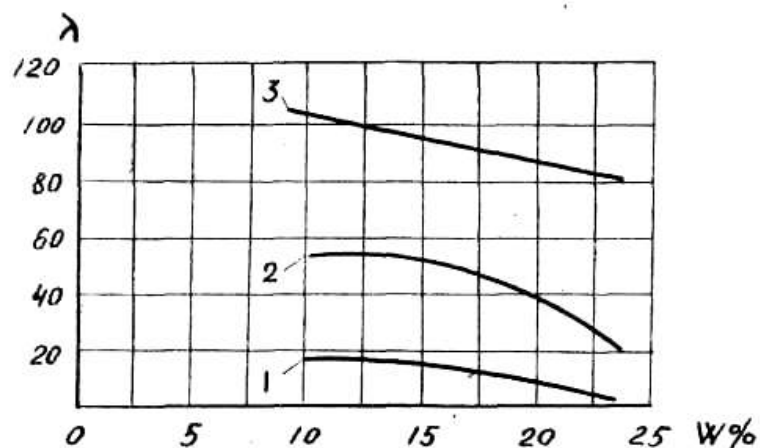


Рисунок 25 – Степень измельчения в зависимости от фактора дробления и влажности зерна:  
 1 – дробление влет; 2 – дробление влет и на деках;  
 3 – дробление влет, на деках и решете



### 3. Расчет теоретической производительности и определение действительной производительности дробилки

Производительность молотковых дробилок зависит от многих факторов: степени измельчения, влажности исходного продукта, факторов, воспроизводящих процесс дробления и режима работы.

Определяют производительность практически и теоретически. Практически производительность определяется по данным испытания, путем деления веса порции зерна поданной в дробилку на время, затраченное на ее дробление с участием молотков, дек и решета.

Теоретически производительность  $Q$ , кг/ч, определяют по формуле

$$Q = \frac{60n_3q_0}{1000},$$

где  $q_0$  – вес тысячи штук зерен, кг;  $n_3$  – количество исходных частиц (зерен), раздробленных за 1 мин до установленной степени измельчения:

$$n_3 = \frac{Z_n}{\lambda},$$

где  $\lambda$  – степень измельчения;  $Z_n$  – число вероятных ударов, наносимых молотками по частицам продукта во взаимодействии с рифлями дек и решетом в предположении, что каждое соударение делит частицы продукта пополам:

$$Z_n = Z_m (K_1 + K_2 + K_3)n,$$

где  $Z_m$  – количество молотков на барабане, шт;  $K_1$  – число ударов молотка (вероятное) влет за один оборот барабана, равное 1;  $K_2$  – число рифлей на деках, шт.;  $K_3$  – число ударов молотка по слою продукта, находящемуся на решете за один оборот барабана, равное 1;  $n$  – частота вращения барабана ( $\text{мин}^{-1}$ ).

Число ударов согласуется со временем воздействия рабочих органов на перерабатываемый продукт, определяемым по формуле

$$t = \frac{Q_{загр}}{Q},$$

где  $Q_{загр}$  – вес зерна, находящегося в камере дробления, кг;  $Q$  – производительность дробилки, кг/с.

Затраты энергии отдельного молотка определяют исходя из запаса полной его кинетической энергии и распределения ее при ударе для разных соотношений масс молотка и частиц продукта.

Изменение окружной скорости молотка в результате удара по продукту с различной массой частиц определяется по формуле

$$V = \frac{V_0}{1 + \frac{m}{M}},$$

где  $V_0$  – окружная скорость, м/с;  $m$  – масса частиц продукта до дробления, кг;  $M$  – масса молотка, кг.

Полная кинетическая энергия молотка равна:

$$A_0 = \frac{MV_0^2}{2},$$

$$A_0 = 9,81 \frac{MV_0^2}{2}.$$

Кинетическая энергии молотка при ударе, затрачиваемая на деформацию частиц продукта, их отбрасывание и часть энергии, остается неиспользованной, так как после ударов барабан с молотками продолжает вращение без заметного снижения скорости вращения:

$$A_0 = A_1 + A_2 + A_3,$$

где  $A_1$  – кинетическая энергия, затрачиваемая на деформацию (дробление) продукта:

$$A_1 = \frac{M}{2} V_0 (V_0 - V);$$

$$A_1 = 9,81 \frac{M}{2} V_0 (V_0 - V)$$

где  $V$  – окружная скорость молотка после удара, м/с;  $A_2$  – кинетическая энергия, затрачиваемая на отбрасывание частиц продукта во время удара, равна:

$$A_2 = \frac{M}{2} V(V_0 - V);$$

$$A_2 = 9,81 \frac{M}{2} V(V_0 - V) \text{ Дж(НМ)};$$

$$A_3 = \frac{MV^2}{2};$$

$$A_3 = 9,81 \frac{MV^2}{2} \text{ Дж(НМ)}.$$

Результаты расчетов по определению изменения скорости молотка и распределения его энергии следует нанести на график (рис. 26).

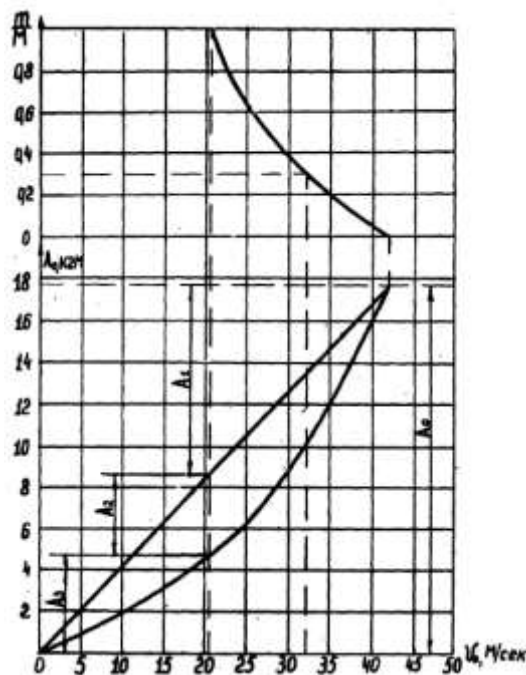


Рисунок 26 – Кривые изменения окружной скорости и работы молотка после удара по продукту

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие корма перерабатывают на универсальной дробилке кормов КДУ-2?
2. Из каких основных сборочных единиц состоит дробилка кормов?
3. Каково назначение и устройство измельчающего аппарата дробилки кормов КДУ-2?
4. Каково назначение и устройство дробильной камеры в КДУ-2?
5. Как измельчаются сыпучие зерновые, сухие и влажные стебельчатые и сочные корма?
6. Из каких основных сборочных единиц состоит безрешетная дробилка ДБ-5?
7. Как осуществляется процесс дробления?
8. Как регулируют степень измельчения кормов?

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дегтерев, Г.П. Технологии и средства механизации животноводства / Г.П. Дегтерев. – М.: Столичная ярмарка, 2010. – 384 с.
2. Филиппов, В.Г. Лабораторный практикум по механизации технологических процессов в животноводстве / В.Г. Филиппов, А.В. Татарченко; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск: КрасГАУ, 2006 – Ч. 1: Кормоприготовительные машины. – 2006. – 88 с.
3. Селиванов, А.П. Механизация и технологии в животноводстве / А.П. Селиванов, А.Н. Ковальчук, А.В. Татарченко; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2007. – 255 с.

## ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ МОЛОТКОВЫХ ДРОБИЛОК КОРМОВ

*Методические указания для лабораторно-практических работ*

**Долбаненко Владимир Михайлович**  
**Семёнов Александр Викторович**

Редактор М.М. Ионина

Санитарно-эпидемиологическое заключение № 24.49.04.953.П. 000381.09.03 от 25.09.2003 г.

Подписано в печать 08.02.2018. Формат 60х90/16. Бумага тип. № 1.

Печать – ризограф. Усл. печ. л. 3,0 п. л. Тираж 60 экз. Заказ № 23

Редакционно-издательский центр Красноярского государственного аграрного университета  
660017, Красноярск, ул. Ленина, 117