

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗРУШЕНИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ИЗМЕЛЬЧАЮЩИХ ОРГАНОВ ЦЕНТРОБЕЖНО-РОТОРНОГО ДИСМЕМБРАТОРА

**Ключевые слова:** корм, измельчение, дисмембратор, зазор, угол заточки, ротор, влажность, сила разрушения.

### Введение

Одной из основных операций подготовки зерновых кормов к скармливанию является измельчение. При размоле, плющении, дроблении и других операциях разрушается твердая оболочка, повышается доступность питательных веществ действию пищеварительных соков, ускоряется перевариваемость, происходит более полное усвоение энергии корма (за счет употребления измельченного зерна продуктивность животных повышается на 10-15%). Измельчение является наиболее энергоемкой и трудоемкой операцией, занимающей более 50% от общих трудозатрат в приготовлении комбикормов [1].

Изучению процесса измельчения посвящено значительное количество работ как отечественных, так и зарубежных ученых. Процесс измельчения изучался только при влажности зернового материала от 11 до 27%, поэтому, несмотря на постоянное совершенствование конструкций измельчителей фуражного зерна, они по-прежнему имеют существенные недостатки: большое количество пылевидных фракций в приготовляемом корме, быстрый износ измельчающих органов. Применение зернового материала с повышенным содержанием влаги при производстве кормов позволит устранить существующие недостатки.

Таким образом, назрела необходимость проведения исследований разрушения зернового материала с повышенной степенью влажности. Результаты исследований позволят создавать машины для приготовления кормов, имеющие высокие качественные и экономические показатели.

В центробежно-роторных измельчающих устройствах на эффективность измельчения большое влияние оказывают угол заточки режущего элемента, влажность измельчаемого материала, зазор между режущими элементами, скорость вращения рабочих органов.

Цель работы – выявление закономерностей рабочего процесса разрушения зерновых культур и определение оптимальных конструктивных параметров измельчающих органов дисмембраторов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- изготовить экспериментальный стенд;
- провести исследования разрушения зернового материала с повышенной влажностью;
- провести анализ полученных результатов.

### Объекты и методы

Для проведения исследований разрушения зернового материала с повышенной влажностью разработан и изготовлен экспериментальный стенд, который представляет собой установку центробежно-роторного типа, оборудованную специально изготовленными резцами с различными углами заточки и измерительной системой для регистрации силы резания зернового материала (рис. 1).

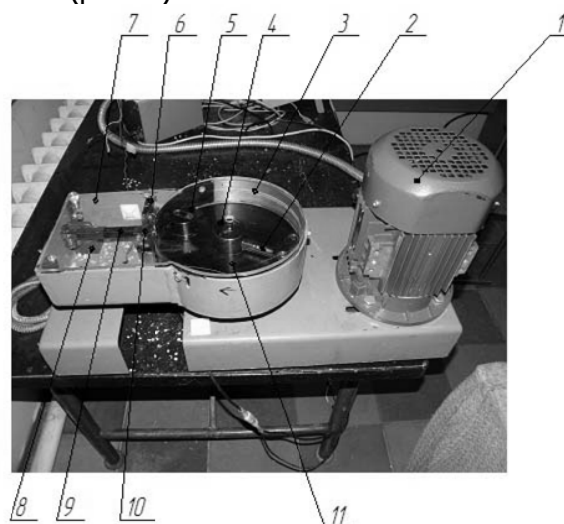


Рис. 1. Экспериментальный стенд:  
1 – электродвигатель; 2 – трубка-канал;  
3 – окружное кольцо; 4 – втулка с приемным отверстием; 5 – противорежущий резец;  
6 – датчик перемещения; 7 – корпус;  
8 – держатель; 9 – балка;  
10 – режущий элемент; 11 – диск-ротор

**Описание станда.** Стальной диск-ротор установлен на ведомом валу, который соединен с ведущим валом электродвигателя посредством ременной передачи. Частота вращения ротора электродвигателя регулируются частотно-регулируемым приводом. В центре диска расположена втулка с приемным отверстием 4, соединенная с радиальной направляющей трубкой-каналом 2, обеспечивающей ориентированное движение одиночных зерен через противорежущий резец 5 к режущему элементу 10 с различными углами заточки. Для балансировки диска симметрично с противорежущим резцом установлен противовес. Режущий элемент посредством болтового соединения закреплен на специальной балке 9, перемещение которой фиксируется оптическим датчиком.

При проведении эксперимента сигнал, поступающий от датчика, фиксировался самопишущим цифровым осциллографом АСК-3107. Затем полученные числовые данные с помощью конвертора преобразовывались в текстовый формат данных, после чего производилась их статистическая обработка в Microcal Origin 6.0 [2].

### Экспериментальная часть

В качестве исходных образцов использовались пшеница, ячмень, овес, горох. Зерновой материал доводился до соответствующей влажности основным стандартным методом высушивания навесок в электрическом сушильном шкафу СЭШ-ЗМ [3].

В процессе эксперимента варьировались зазор между режущим элементом и противорежущим резцом, влажность зернового материала, угол заточки режущего элемента и противорежущего резца, скорость вращения режущего элемента.

Влияние влажности зернового материала на силу разрушения представлено на рисунке 2.

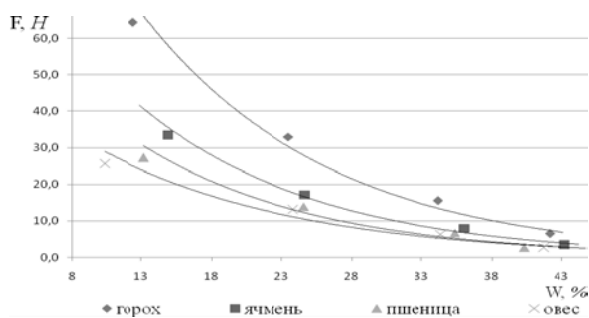


Рис. 2. Зависимость силы от влажности при разрушении единичных зерен на режущем элементе с углом заточки 90° и скорости резания 31,3 м/с

Анализ полученных зависимостей показал, что сила резания значительно снижается при предварительном увлажнении измельчаемого материала до влажности 35-40%.

Зазор между режущими элементами также оказывает влияние на силу, необходимую для измельчения зернового материала. Исходя из конструктивных особенностей центробежно-роторных измельчителей использование зазоров менее 0,2 мм не целесообразно. Также использование зазора свыше 0,6 мм не гарантирует достижения приемлемой степени измельчения. Поэтому эксперименты проведены на зазорах 0,2-0,6 мм (рис. 3).

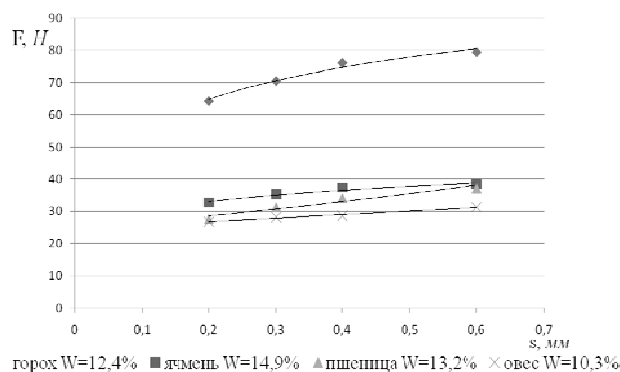


Рис. 3. Зависимость силы от зазора при разрушении единичных зерен различных культур на режущем элементе с углом заточки 90° и скорости резания 31,3 м/с

Зависимости, представленные на рисунке, действительно показывают, что зазор между режущими элементами оказывает существенное влияние на силу, возникающую при измельчении зернового материала. Так, из данных зависимостей можно сделать вывод о том, что оптимальный зазор между режущими элементами равен 0,2 мм, так как при нем наблюдается наименьшее значение силы, необходимой для разрушения зернового материала. При увеличении зазора до 0,6 мм сила, необходимая для разрушения, заметно возрастает, что приводит к увеличению нагрузки на рабочие органы и, как следствие, к их быстрому износу.

В режущей паре при измельчении различных растительных материалов важнейшим объектом исследования является угол заточки режущего элемента и противорежущего резца. С помощью экспериментального станда проведены исследования по изучению влияния угла заточки режущей пары на силу резания единичного зерна. На основании полученных результатов были построены следующие зависимости (рис. 4).

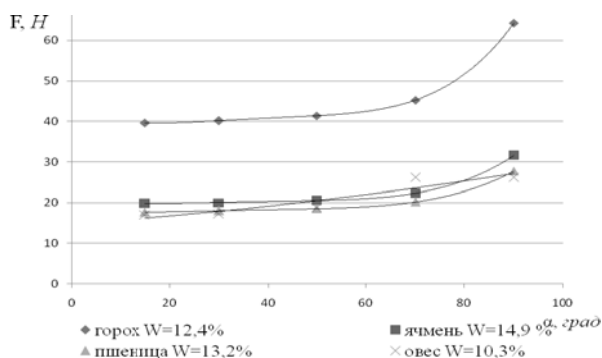


Рис. 4. Зависимости силы от угла заточки режущего элемента при разрушении единичных зерен различных культур и скорости резания 31,3 м/с

На основании проведенных исследований сделан вывод о том, что уменьшение угла заточки режущего элемента приводит к уменьшению силы резания зернового материала. Оптимальным углом заточки ножа является угол  $75^\circ$ , что позволяет увеличить износостойкость режущего органа и, как следствие, уменьшить силу резания с максимальных до средних значений.

На заключительном этапе исследований проведены эксперименты по определению влияния скорости на силу резания. Результаты исследований представлены на рисунке 5.

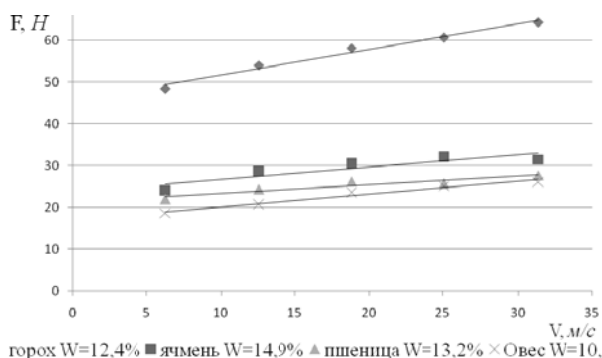


Рис. 5. Зависимость силы от скорости при разрушении единичных зерен различных культур на режущем элементе с углом заточки  $90^\circ$

Зависимость силы от скорости резания носит линейный характер. Это обусловлено увеличением инерционной составляющей при увеличении скорости.

#### Результаты и их обсуждение

Проведенные экспериментальные исследования позволяют сделать следующие **выводы**:

1. Получены зависимости силы резания от влажности при разрушении зернового материала (пшеница, ячмень, горох, овес). Анализ полученных зависимостей силы резания единичных зерен от влажности при динамическом нагружении показал, что сила резания значительно снижается при предварительном увлажнении измельчаемого материала до влажности 35-40%.

2. Зазор между режущими элементами оказывает большое влияние на силу измельчения зернового материала. В ходе проведения исследований выявлен оптимальный зазор между режущим элементом и противорежущем резцом, он равен 0,2 мм. При нем наблюдается наименьшее значение силы, необходимой для разрушения зернового материала. При увеличении зазора до 0,6 мм сила, необходимая для разрушения, заметно возрастает, что приводит к увеличению нагрузки на рабочие органы и, как следствие, к их быстрому износу.

3. Получены результаты разрушения единичных зерен злаковых культур при различных углах заточки режущих элементов рабочих органов. Выявлена закономерность: уменьшение угла заточки режущего элемента приводит к уменьшению силы резания зернового материала. Оптимальным углом заточки ножа является угол  $75^\circ$ , что позволяет увеличить износостойкость режущего органа и, как следствие, уменьшить силу резания с максимальных значений до средних. Также была выявлена закономерность: с увеличением влажности уменьшается сила резания.

4. Исследовано влияние скорости на силу резания при разрушении зернового материала различной влажности. Зависимость силы от скорости резания носит линейный характер – при увеличении скорости увеличивается и сила резания.

#### Библиографический список

1. Припелина А.В. Машины и оборудование для животноводства: учебник для вузов. – 1-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1991. – 180 с.
2. Исакова О.П., Тарасевич Ю.Ю., Юзюк Ю.И. Обработка и визуализация данных физических экспериментов с помощью пакета Origin. Анализ и обработка спектров – Астрахань: ОГОУ ДПО «АИПКП», 2007. – 68 с.
3. Берлинер М.А. Измерения влажности. – М.: Энергия, 1973. – 400 с.

