

Разработка дробилки для измельчения охлаждённого сырья при производстве кормов

*С.В. Кишкилёв, аспирант, В.Л. Попов, к.т.н.,
С.В. Антимонов, к.т.н., Е.В. Ганин, к.т.н.,
Г.Б. Зинюхин, к.т.н., ФГБОУ ВО Оренбургский ГУ*

Зерновое сырьё – основа производства комбикормов в перерабатывающей промышленности. Хотя для производства комбикормов, помимо зерна, зачастую используют отходы (лузгу подсолнечника и т.д.) пищевой промышленности и технических производств, оно составляет до 80% от общего объёма потребления. В Европе же в составе комбикормов доля зерновых материалов составляет только от 15 до 35% [1], что связано с высокой их стоимостью.

В настоящее время в агропромышленных комплексах жёстко стоит проблема снижения стоимости производства кормов без снижения их качества.

Одним из вариантов решения данной проблемы может являться производство кормов и кормосмесей,

основанное на применении нестандартных типов сырья побочных продуктов крупяного и мукомольного производства, путём совместного применения лузги различных крупяных культур, пшеничных отрубей и т.п. с последующим экструдированием [2]. Стоит отметить, что эти продукты имеют большую питательность для сельскохозяйственных животных [3]. В производстве экструдированных комбикормов, кормодобавок на основе подсолнечной лузги и гречишной на кафедре пищевой биотехнологии Оренбургского государственного университета разработана оригинальная технологическая схема и конструкция измельчителя.

Технологическая схема в первую очередь рассматривает такие основные операции, как измельчение сырья, смешивание, обработку и насыщение материала, экструдирование и сушка готового продукта.

Совершенствование экструдированных смесей и добавок при эффективной подготовке компонентов (отрубей, лузги) может заключаться во включении такой дополнительной технологической операции, как предварительное замораживание материала перед измельчением.

При установлении температурных границ охлаждения перерабатываемого материала и воздействия температуры на её технологичные объекты был проведён анализ литературных источников, посвящённых данной проблеме [4, 5].

В ходе работы было выявлено, что в основном проводились исследования влияния высоких и отрицательных температур на физико-механические свойства перерабатываемого материала, в частности зерна, предназначенного для переработки в мелкодисперсный материал. Отрицательные температуры наиболее эффективны при воздействии не только на его поверхность, но и на весь объём перерабатываемого материала. Если температура материала (зерна) отрицательна (-5°C и ниже), то связанная влага, находящаяся в порах и межклеточных пространствах материала, превращаясь в лёд, расшатывает структуру материала и обессиливает связи между его составными частями. Сопrotивляемость материала (зерна) измельчению снижается. Величина температуры непосредственно связана со скоростью движения молекул вещества. Соответственно снижение температуры приводит к уменьшению длины пробега молекул и энергии их поступательного движения. В результате измельчаемый материал становится менее прочным и пластичным, снижается его сопротивляемость механическим воздействиям [6]. Уменьшение прочности и пластичности приводит к снижению сопротивляемости зерна измельчению [7, 8]. При дальнейшем охлаждении наблюдается расширение внутриклеточного льда, что приводит к разрушению оболочек клеток и дополнительному снижению прочности зернового сырья.

Цель исследования заключалась в обнаружении наилучшего с точки зрения эффективности агрегата для измельчения зерна и продуктов переработки вторичных материальных ресурсов как с точки зрения энергозатрат, так и со стороны качества измельчённого продукта, подвергнувшегося шоковой заморозке.

Материал и методы исследования. В ходе исследования подвергалась анализу работа различных измельчающих устройств, а именно вальцового станка, роторных дробилок периодического

и непрерывного действия и дробилки молотковой. В исследовании также проводился анализ работы дробилки конусной и созданной авторами дробилки роторной оригинальной конструкции.

В таблицах 1–3 представлены основные технические показатели подвергаемого анализу оборудования:

1. Дробилка зерна «Фермер»

Характеристики	Количественная характеристика
Мощность max, Вт	950
Производительность, кг/ч	173
Удельный расход электроэнергии, кВт/ч	0,82

2. Вальцовый станок

Характеристики	Количественная характеристика
Мощность max, Вт	2450
Производительность, кг/ч	38
Удельный расход электроэнергии, кВт/ч	47,2

3. Конусная дробилка

Характеристики	Количественная характеристика
Мощность max, Вт	125
Производительность, кг/ч	1,1
Удельный расход электроэнергии, кВт/ч	0,82

В качестве объектов исследования нами были использованы следующие виды побочных продуктов агропромышленного комплекса, зерно и вторичные материальные ресурсы:

- мягкая пшеница сорта Саратовская 29 с массовой долей влаги $W = 6,4\%$;
- кормовой ячмень, полученный при классификации ячменя сортов Виннер с массовой долей влаги $W = 6,1\%$;
- пшеничные отруби с начальной влажностью = $10,0\%$;
- лузга подсолнечника с начальной влажностью = $7,0\%$,
- гречишная лузга с начальной влажностью = $7,2\%$.

Результаты исследования. При анализе таблицы 4 можно сделать вывод, что дробилка роторного типа наименее энергоёмка.

4. Измельчение зерна пшеницы Саратовская 29 с исходной влажностью $W = 6,3\%$

Конструкция измельчителя	Время t , с	Масса m , кг	Удельные затраты энергии, кВт·ч/кг	Производительность Q , кг/ч
Дробилка молотковая	34	1,1	27,5	103
Дробилка роторная	27	1,1	7,6	128
Дробилка конусная	370	0,15	244	0,93
Станок вальцовый	98	1,1	55	37

В результате изучения процесса измельчения зерна при шоковой заморозке были получены следующие данные: снижение температуры сырья, подвергаемого измельчению, неоднозначно влияет на процесс. При использовании различных измельчающих машин может наблюдаться как увеличение, так и снижение удельных затрат энергии и производительности процесса. Очевидно, что это объясняется конструкцией рабочих органов измельчителя, а также соответствием параметров измельчаемого материала оказываемым на него механическим воздействиям. В целом по результатам предварительных экспериментов был сделан вывод о том, что применение охлаждения при измельчении требует более тщательного изучения.

В таблицах 5–8 приведены сравнительные результаты измельчения незамороженного и замороженного сырья, а в таблицах 7–9 – результаты измельчения незамороженной и замороженной лузги подсолнечника в трёх видах дробилок.

5. Измельчение предварительно охлаждённого зерна ячменя сорта Виннер с влажностью $W = 14\%$ ($t = -100^\circ\text{C}$)

Конструкция измельчителя	Производительность Q , кг/ч	Удельные затраты энергии, кВт·ч/кг
Дробилка молотковая	96,6	0,028
Дробилка роторная	105	0,01
Станок вальцовый	23	0,093

6. Измельчение предварительно охлаждённого зерна ячменя сорта Виннер с влажностью $W = 16\%$ ($t = -100^\circ\text{C}$)

Конструкция измельчителя	Производительность Q , кг/ч	Удельные затраты энергии, кВт·ч/кг
Дробилка молотковая	98	0,035
Дробилка роторная	92	0,012
Станок вальцовый	17	0,114

7. Измельчение подсолнечной лузги с влажностью $W = 14\%$ ($t = 20^\circ\text{C}$)

Конструкция измельчителя	Производительность Q , кг/ч	Удельные затраты энергии, кВт·ч/кг
Дробилка молотковая	7,8	0,36
Дробилка роторная	10,5	0,063
Станок вальцовый	5,7	0,36

8. Измельчение предварительно охлаждённой подсолнечной лузги с влажностью $W = 14\%$ ($t = -130^\circ\text{C}$)

Конструкция измельчителя	Производительность Q , кг/ч	Удельные затраты энергии, кВт·ч/кг
Дробилка молотковая	9	0,33
Дробилка роторная	4,2	0,15
Станок вальцовый	4,6	0,45

9. Измельчение подсолнечной лузги с влажностью $W = 16\%$ ($t = 20^\circ\text{C}$)

Конструкция измельчителя	Производительность Q , кг/ч	Удельные затраты энергии, кВт·ч/кг
Дробилка молотковая	6,8	0,41
Дробилка роторная	10	0,06
Станок вальцовый	4,7	0,435

Вывод. Установлено, что в некоторых случаях, например при измельчении ячменя, отрицательные температуры оказывают существенное влияние на производительность дробилок и удельные энергозатраты по сравнению с незамороженным зерном.

На основании результатов исследований разработана конструкция дробилки с применением в ней шоковой заморозки сырья (рис.).

Выводы. Наиболее эффективно применять в линии экструдированных кормов для измельчения исходного сырья дробилку роторного типа. Охлаждение исходного сырья с последующим измельчением перед основными технологическими операциями позволяет проводить технологический процесс более эффективно, значительно снизить энергозатраты на получение продукции, повысить её качество, улучшить товарный вид. Предлагаемая конструкция позволит измельчать перерабатываемый материал в энергосберегающем режиме.

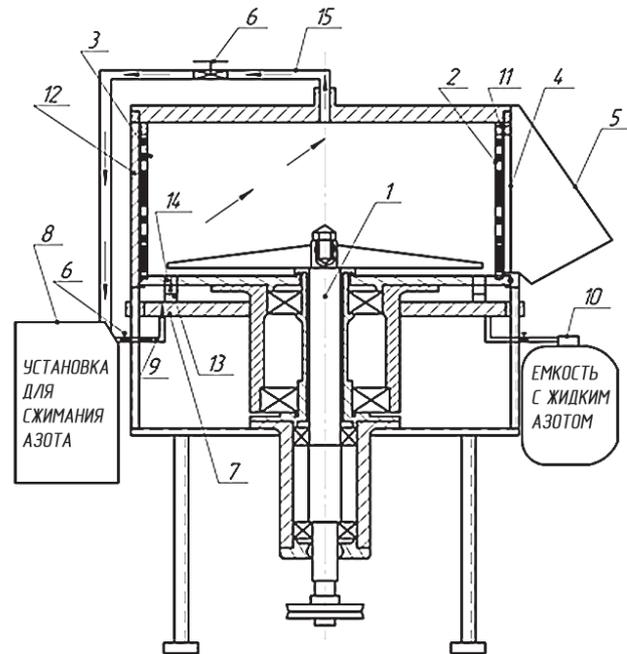


Рис. – Конструкция дробилки с операцией шоковой заморозки:

1 – вращающийся ротор; 2 – сегменты в виде решета; 3 – внутренние поверхности боковых стенок; 4 – отверстие; 5 – выходной патрубок; 6 – вентили; 7 – коллектор; 8 – установка для сжатия азота; 9 – трубопровод; 10 – ёмкость с жидким азотом; 11 – корпус рабочей камеры; 12 – неподвижный корпус установки; 13 – патрубок; 14 – технологические отверстия; 15 – трубопровод

Литература

1. Кишкилёв С.В. Разработка технологии экструдированных кормов на основе отходов пищевой промышленности с охлаждением двухкратно измельчаемого сырья / С.В. Кишкилев, В.П. Попов, В.Г. Коротков [и др.] // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: матер. всерос. науч.-методич. конф. (с междунар. участ.). Оренбург, 2013. С. 978–981.
2. Оптимизация процесса преобразования агрегатного состояния зернового сырья при экструзионной обработке / Д.В. Тимофеева, В.Г. Коротков, В.П. Попов [и др.] // Хлебопродукты. 2013. № 8. С. 46–48.
3. Кишкилёв С.В., Тимофеева Д.В., Мартынов Н.Н. Исследование переработки зернового сырья на технологической линии при применении криогенных технологий // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: матер. всерос. науч.-методич. конф. (с междунар. участ.). Оренбург, 2015. С. 939–947.
4. Соловых С.Ю., Мустаева Л.И. Обработка сырья растительного происхождения ик-лучами // Глобальная научная интеграция . 2011. № 6. С. 95.
5. Кобылкин Д.С. Измельчение под вакуумом в технологии получения экструдированных кормосмесей и добавок / Д.С. Кобылкин, С.В. Антимонов, В.Г. Коротков [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. 2008. № 6. С. 27–29.
6. Коротков В.Г. Измельчение и охлаждение сырья при получении экструдированных кормов и добавок / В.Г. Коротков, С.В. Кишкилев, С.В. Антимонов [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. 2013. № 3. С. 17–20.
7. Коротков В.Г., Кишкилёв С.В., Кобылкин Д.С. Повышение качества и эффективности переработки зернового сырья с применением криогенных технологий // Хранение и переработка сельхозсырья, 2015. № 6. С. 17–21.
8. Кобылкин Д.С., Измельчение под вакуумом в технологии получения экструдированных кормосмесей и добавок / Д.С. Кобылкин, С.В. Антимонов, В.Г. Коротков [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. 2008. № 6. С. 27–29.