

С. А. Дрозд

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь*

**ПРИМЕНЕНИЕ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ
ДВУХСТАДИЙНОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ЗЕРНОФУРАЖА
В УСЛОВИЯХ РЕАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

В статье представлены результаты внедрения ресурсосберегающей технологии двухстадийного измельчения зерна в МРУП «Агрокомбинат Ждановичи» и проведенного исследования по выявлению рациональных режимов работы оборудования.

Ключевые слова: двухстадийное измельчение, ресурсосберегающая технология, снижение энергоёмкости, повышение качества.

S. A. Drozd

*Educational establishment «Belarusian state agrarian technical university»
Minsk, Republic of Belarus*

**APPLICATION OF RESOURCE-SAVING TECHNOLOGY OF
TWO-STAGE GRINDING OF GRAIN FODDER UNDER CONDITIONS OF REAL PRODUCTION**

The article presents the results of the implementation of the resource-saving technology of two-stage grinding of grain in the «Agrokombinat Zhdanovichi» enterprise and the conducted research to identify rational operating conditions for the equipment.

Keywords: two-stage grinding, resource-saving technology, reduction of energy intensity, improvement of quality.

Введение

В Республике Беларусь убирают свыше 3,7 млн тонн зерна на кормовые цели [1]. Важнейшей технологической операцией кормоприготовительного процесса является измельчение фуражного зерна. До одного миллиона тонн зерна измельчается вальцовыми машинами и скармливается животным во влажном состоянии. И более трех миллионов тонн зерна измельчаются при кондиционной влажности, преимущественно молотковыми дробилками, имеющими энергоёмкость 8–12 кВт·ч/т. Что обуславливает большие затраты энергии на осуществление данной операции. Снижение затрат энергии на этом этапе является резервом снижения себестоимости продукции животноводства и повышения ее конкурентоспособности.

Одним из эффективных способов снижения энергоёмкости процесса измельчения является двухстадийное измельчение, позволяющее не только уменьшить энергоёмкость процесса, но и повысить качество и однородность измельченного зерна [2].

Основная часть

Ресурсосберегающая технология двухстадийного измельчения зернофуража включает в себя две стадии разрушения зерна.

На первой стадии двухстадийного измельчения осуществляется условно-статическое воздействие на зерно вальцами, что способствует нарушению целостности зерновки и образованию в ней микротрещин, тем самым снижается его прочность. Цель полностью разрушить зерно в данном случае не ставится. Это позволяет применять режимы работы, способствующие максимальному увеличению производительности и минимизации энергозатрат.

На второй стадии предварительно измельченное зерно измельчается в молотковой дробилке путем динамического воздействия до надлежащего качества, соответствующего зоотехническим требованиям. Энергопотребление измельчения предварительно разрушенного зерна существенно ниже, чем при измельчении целого зерна, при одинаковом модуле помола [2].

Нами впервые в Республике Беларусь научно обоснована, разработана и применена на практике ресурсосберегающая технология двухстадийного измельчения зерна, включающая разрушение зерна от условно статического и динамического воздействия путем комбинирования предварительного разрушения зерна в вальцовой дробилке (условно-статическое воздействие) и окончательного разрушения зерна в молотковой дробилке (динамическое воздействие), которая подходит для измельчения зернофуража кондиционной влажности при производстве концентрированных комбикормов.

Основными преимуществами ресурсосберегающей технологии двухстадийного измельчения зерна являются:

- снижение энергоемкости процесса измельчения (по сравнению с молотковой дробилкой);
- повышение равномерности гранулометрического состава измельченного продукта (по сравнению с молотковой дробилкой), что способствует повышению усвояемости кормов;
- повышение степени измельчения зернофуража (по сравнению с вальцовым измельчителем);
- повышение производительности оборудования (по сравнению с молотковой дробилкой).

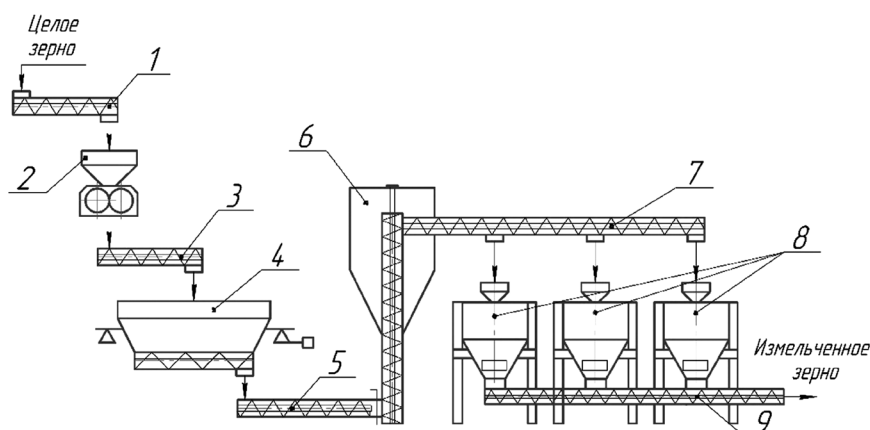
Данная технология была внедрена в МРУП «Агрокомбинат Ждановичи», РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» и принята к внедрению в ОДО «Тех Тар».

Для реализации технологии двухстадийного измельчения зерна в МРУП «Агрокомбинат Ждановичи» была переоборудована действующая линия производства комбикормов – применена дополнительная технологическая операция предварительного измельчения на вальцовом измельчителе (первая стадия измельчения) перед измельчением молотковой дробилкой (вторая стадия измельчения).

Технологическая схема ресурсосберегающей технологии двухстадийного измельчения зернофуража, внедренной в МРУП «Агрокомбинат Ждановичи», представлена на рисунке 1.

В качестве первой стадии измельчения был применен вальцовый измельчитель ДВ-3 (рисунок 2), разработанный РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», который был связан при помощи шнековых конвейеров, весового и накопительного бункера с тремя молотковыми дробилками ДЗВ-5 (рисунок 3), осуществляющими вторую стадию измельчения.

С целью достижения максимальной эффективности применения ресурсосберегающей технологии двухстадийного измельчения зерна в МРУП «Агрокомбинат Ждановичи» было проведено исследование по получению рациональных режимов работы оборудования в производственных условиях на данном предприятии, а именно исследованы значение межвальцового зазора (первая стадия измельчения) и значение диаметра отверстий в решетке (вторая стадия измельчения).



1 – конвейер, подающий зерно; 2 – вальцовый измельчитель ДВ-3; 3 – конвейер разгрузки вальцового измельчителя ДВ-3; 4 – бункер весовой; 5 – конвейер разгрузки бункера весового; 6 – бункер-накопитель; 7 – конвейер подачи предварительно измельченного зерна; 8 – молотковые дробилки ДЗВ-5; 9 – конвейер разгрузки молотковых дробилок ДЗВ-5

Рисунок 1. – Технологическая схема измельчения зерна, внедренная в МРУП «Агрокомбинат Ждановичи»



Рисунок 2. – Модуль предварительного измельчения (вальцовый измельчитель ДВ-3)



Рисунок 3. – Модуль окончательного измельчения (молотковые дробилки ДЗВ-5)

С учетом вышеизложенного был проведен двухфакторный эксперимент, описывающий зависимость параметров оценки от исследуемых факторов:

$$(\mathcal{E}, M, q) = f(b, d),$$

где \mathcal{E} – энергоемкость процесса измельчения;

M – модуль помола измельченного зерна;

q – удельная энергоемкость процесса измельчения;

b – значение межвальцового зазора (первая стадия измельчения);

d – значение диаметра отверстий в решете (вторая стадия измельчения).

По результатам проведенного двухфакторного эксперимента определены уравнения регрессии, которые были проверены на однородность по критерию Кохрена, на значимость коэффициентов по критерию Стьюдента и на адекватность уравнений по критерию Фишера [3].

Данные уравнения для удобства в инженерных расчетах раскодированы и представлены ниже в виде зависимостей:

– зависимость энергоемкости от значения межвальцового зазора (первая стадия измельчения) и значения диаметра отверстий в решете (вторая стадия измельчения):

$$\mathcal{E} = 17,61 - 0,72b - 6,50d - 0,10bd + 0,3b^2 + 0,5d^2;$$

– зависимость модуля помола от значения межвальцового зазора (первая стадия измельчения) и значения диаметра отверстий в решете (вторая стадия измельчения):

$$M = 0,48 + 0,16b + 0,20d - 0,01bd;$$

– зависимость удельной энергоёмкости от значения межзубцового зазора (первая стадия измельчения) и значения диаметра отверстий в решетке (вторая стадия измельчения):

$$q = 12,71 - 0,12b - 0,23d - 0,10bd + 0,20b^2 + 0,20b^2.$$

Для полученных зависимостей построены поверхности отклика, которые представлены на рисунках 4–6.

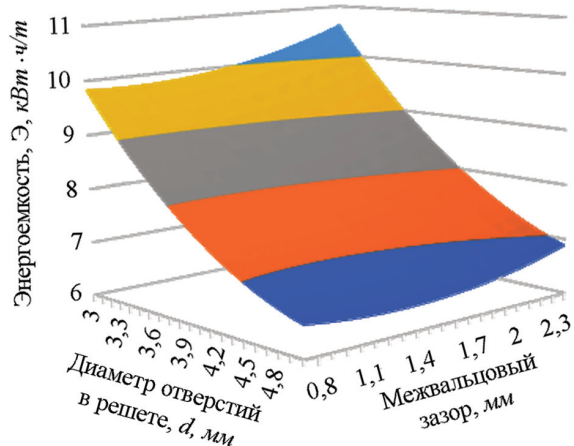


Рисунок 4. – Зависимость энергоёмкости процесса от межзубцового зазора и диаметра отверстий в решетке

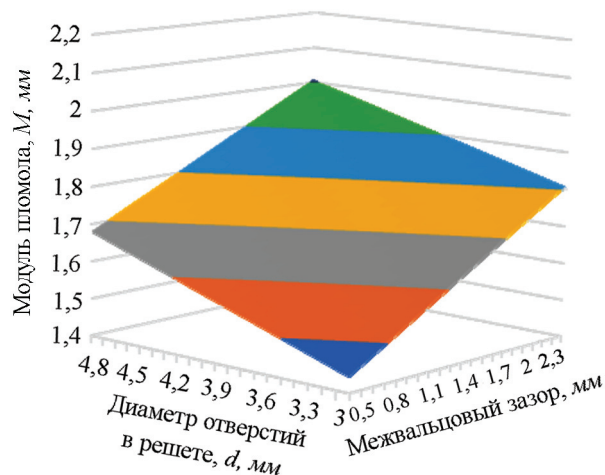


Рисунок 5. – Зависимость модуля помола от межзубцового зазора и диаметра отверстий в решетке

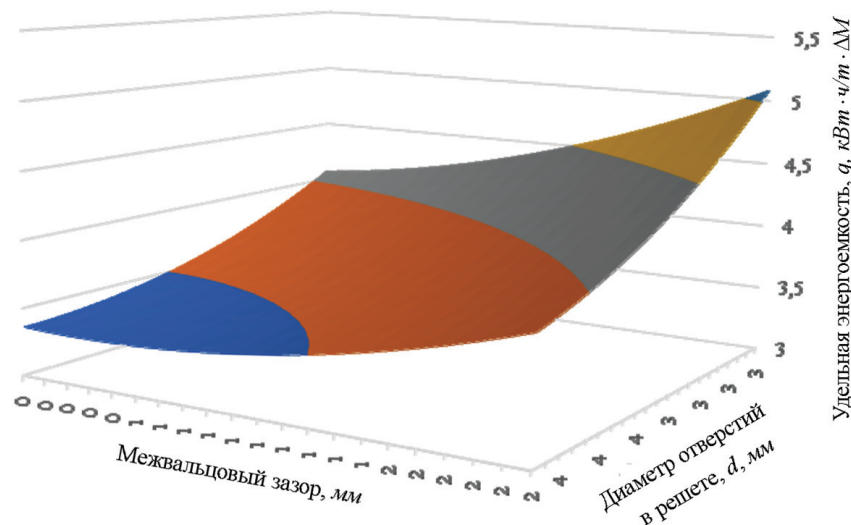


Рисунок 6. – Зависимость удельной энергоёмкости помола от межзубцового зазора и диаметра отверстий в решетке при двухстадийном измельчении на производстве

Анализируя полученные графические зависимости, представленные на рисунках 4–5, можно сделать вывод о том, что наибольшее значение удельной энергоёмкости (рисунок 4) наблюдается при использовании межзубцового зазора 0,5–1,0 мм и диаметре отверстий в решетке 4–5 мм. Однако при использовании решета с диаметром отверстий более 4,0 мм модуль помола превышает 1,6 мм (см. рисунок 5), что выходит за границы рекомендуемых зоотехнических требований значения модуля помола зерна, применяемого в комбикорме для свиней (1,2–1,6 мм), в производстве которого специализируется рассматриваемое предприятие. В результате на данном предприятии рекомендовано применять решета с отверстиями 3,9–4,0 мм.

Анализ энергоемкости двухстадийного измельчения (рисунок 6) показал, что оптимальное значение межвальцового зазора при рекомендованном диаметре отверстий в решетке составляет 1,1 мм, данное значение также рекомендовано при использовании на предприятии.

Рекомендованные нами значения межвальцового зазора и диаметра отверстий в решетке были применены при внедрении процесса двухстадийного измельчения в МРУП «Агрокомбинат Ждановичи». Это позволило без потери качества заменить в молотковых дробилках решета с 3,0 мм до 4,0 мм, что привело к снижению энергоемкости процесса измельчения с 10,07 до 6,83 кВт·ч/т.

Расчетный годовой экономический эффект от внедрения технологии двухстадийного измельчения зернофуража в комбикормовом цеху МРУП «Агрокомбинат Ждановичи» составил 10 556 рублей 84 копейки. Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений составляет 1,34 года. Удельный экономический эффект от внедрения двухстадийного измельчения зерна составляет 52 копейки на тонну продукции.

Заключение

Научно обоснованная, разработанная и примененная на практике ресурсосберегающая технология двухстадийного измельчения зерна включает разрушение зерна от условностатического и динамического воздействия путем комбинирования предварительного разрушения зерна в вальцовой дробилке (условностатическое воздействие) и окончательного разрушения зерна в молотковой дробилке (динамическое воздействие). Технология подходит для измельчения зернофуража кондиционной влажности при производстве концентрированных комбикормов, ее применение позволяет снизить энергоемкость процесса измельчения (по сравнению с молотковой дробилкой), повысить равномерность гранулометрического состава измельченного продукта (по сравнению с молотковой дробилкой), что способствует повышению усвояемости кормов; повысить степень измельчения зернофуража (по сравнению с вальцовым измельчителем) и повысить производительность оборудования (по сравнению с молотковой дробилкой).

При внедрении ресурсосберегающей технологии двухстадийного измельчения зерна в МРУП «Агрокомбинат Ждановичи» были проведены исследования, которые позволили определить рациональное значение межвальцового зазора (первая стадия измельчения), которое составило 1,1 мм, и рациональное значение диаметра отверстий в решетке (вторая стадия измельчения), составившее 4,0 мм.

Применение ресурсосберегающей технологии двухстадийного измельчения зерна в МРУП «Агрокомбинат Ждановичи» позволило без потери качества снизить энергоемкость процесса измельчения с 10,07 до 6,83 кВт·ч/т. Расчетный годовой экономический эффект от внедрения составил 10 556 рублей 84 копейки, удельный экономический эффект – 52 копейки на тонну продукции.

На основании положительного опыта применения ресурсосберегающей технологии двухстадийного измельчения зерна в МРУП «Агрокомбинат Ждановичи» нами рекомендуется применять данную технологию при модернизации действующих линий и создании нового оборудования для производства комбикормов.

Литература

1. Агропромышленный комплекс. Сельское хозяйство / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь; сост.: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси (Я. Н. Бречко). – Минск, 2016. – Вып. 18. – 281 с.
2. Дашков, В. Н. Совершенствование технических средств для измельчения фуражного зерна / В. Н. Дашков, Н. А. Воробьев, С. А. Дрозд // Агропанорама. – 2013. – № 5. – С. 23–28.
3. Леонов, А. Н. Основы научных исследований и моделирования: учебно-методический комплекс / А. Н. Леонов, М. М. Дечко, В. Б. Ловкис. – Минск: БГАТУ, 2010. – 276 с.