

КОЭФФИЦИЕНТ ЛЬДИСТОСТИ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ КАЧЕСТВА ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ЗЕРНА И ПРОДУКТОВ ЕГО ПЕРЕРАБОТКИ, ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ОХЛАЖДЕННЫХ ДО ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР

Антимонов С.В., Соловых С.Ю., Кишкилев С.В.
Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

Проблема снижения энергоемкости и повышения качества полученного продукта при проведении процесса измельчения зернового сырья и продуктов его переработки является очень актуальной, о чем говорят многочисленные исследования в этой области.

Установлено, что большое влияние на сопротивляемость зерна измельчению и величину вновь образованной поверхности оказывает влажность, а также совместное действие температуры и влажности [1].

Низкие температуры действуют не только на оболочки, но и на весь объем зерна. Если температура зерна отрицательна (-10°C и ниже), то свободная и связанная влага, всегда находящаяся в порах, капиллярах и межклеточных пространствах зерна, превращаясь в лед и расширяясь, расшатывает структуру зерна и ослабляет связи между его составными частями. В результате этого сопротивляемость зерна измельчению снижается [2].

Рассмотрим поведение воды в зерне при отрицательных температурах.

Выявлено, что при конденсации воды в капиллярах свойства ее могут настолько измениться, что при понижении температуры вплоть до -100°C она не замерзает, а застекловывается. Коэффициент теплового расширения, вязкость и плотность воды также изменяются. Можно определить значение криоскопической температуры (температура начала замерзания) при которой начинается превращение связанной воды в лед [1].

В таком случае в качестве характеристики свойств зерна можно использовать коэффициент льдистости $\varepsilon_{л}$, (%), который определяет долю воды в зерне, превратившейся в лед в данных условиях.

Установлено, что с увеличением влажности и понижением температуры коэффициент льдистости повышается, все большая доля воды переходит в лед. Однако даже при гигроскопической влажности нельзя ожидать, что в лед превратится более 60% связанной зерном воды [1].

В качестве характеристики эффективности процесса измельчения может служить коэффициент вновь образованной удельной поверхности.

Нами предлагается использовать коэффициент льдистости как параметр эффекта процесса измельчения зерна и продуктов его переработки, охлажденных до отрицательных температур, причем мы предлагаем установить взаимосвязь его с таким показателем качества процесса измельчения как вновь образованная удельная поверхность.

$$\Delta F = f(\varepsilon_{л}) \quad (1)$$

Исследования проводятся в рамках разработки технологии получения экструдированных кормов и добавок, произведенных с применением криотехнологий.

При проведении исследований перед операцией измельчения исходное зерновое сырье и продукты его переработки предварительно охлаждали по двум вариантам: жидким азотом до температуры -100°C и -140°C или охлаждали в промышленных морозильниках до температуры -20°C , при этом длительность охлаждения составила 24 часа.

Особенность эксперимента заключалась в том, что охлажденные образцы зерна пшеницы, ячменя, гречневой и подсолнечной лузги измельчали на различных видах измельчающих устройств: двух дробилках и на вальцевом станке. Таким образом, учитывался способ воздействия на материал. В ходе эксперимента контролировалась крупность полученного продукта и на основании полученных данных рассчитывалась вновь образованная удельная поверхность, согласно предложенной методике [3].

В качестве примера в таблицах 1-3 представлены данные по гречневой лузге, охлажденной до отрицательных температур ($t = -140^{\circ}\text{C}$).

В таблицах приняты следующие обозначения: $F_{исх}$ – исходная площадь удельной поверхности, $F_{пр}$ – приведенная площадь удельной поверхности, ΔF – вновь образованная удельная поверхность.

Таблица 1 – Измельчение гречневой лузги с влажностью $W=14\%$,

Конструкция дробилки	$F_{исх}, \text{м}^2$	$F_{пр}, \text{м}^2$	$\Delta F, \text{м}^2$
Молотковая	$1,77 \cdot 10^{-8}$	$2,59 \cdot 10^{-5}$	$2,58 \cdot 10^{-5}$
Роторная	$1,77 \cdot 10^{-8}$	$3,94 \cdot 10^{-5}$	$3,93 \cdot 10^{-5}$
Вальцевый станок	$1,77 \cdot 10^{-8}$	$1,799 \cdot 10^{-5}$	$1,797 \cdot 10^{-5}$

Таблица 2 – Измельчение гречневой лузги с влажностью $W=16\%$,

Конструкция дробилки	$F_{исх}, \text{м}^2$	$F_{пр}, \text{м}^2$	$\Delta F, \text{м}^2$
Молотковая	$1,77 \cdot 10^{-8}$	$2,45 \cdot 10^{-5}$	$2,44 \cdot 10^{-5}$
Роторная	$1,77 \cdot 10^{-8}$	$3,14 \cdot 10^{-5}$	$3,13 \cdot 10^{-5}$
Вальцевый станок	$1,77 \cdot 10^{-8}$	$1,91 \cdot 10^{-5}$	$1,90 \cdot 10^{-5}$

Таблица 3 – Измельчение гречневой лузги с влажностью $W=18\%$,

Конструкция дробилки	$F_{исх}, \text{м}^2$	$F_{пр}, \text{м}^2$	$\Delta F, \text{м}^2$
Молотковая	$1,77 \cdot 10^{-8}$	$2,18 \cdot 10^{-5}$	$2,17 \cdot 10^{-5}$
Роторная	$1,77 \cdot 10^{-8}$	$3,01 \cdot 10^{-5}$	$3,00 \cdot 10^{-5}$
Вальцевый станок	$1,77 \cdot 10^{-8}$	$1,87 \cdot 10^{-5}$	$1,86 \cdot 10^{-5}$

Полученные результаты показывают, что охлаждать зерно и продукты его переработки перед измельчением ниже -100°C не имеет смысла, т. к. удельная

поверхность практически не изменяется. В связи с этим можно предположить, что достаточно охлаждать зерно не ниже – 100 °С.

Дальнейшие исследования будут проводиться с целью поиска оптимального диапазона отрицательных температур. Это позволит проводить процесс измельчения при наиболее низких удельных энергозатратах, не снижая качество полученного продукта.

Список литературы:

- 1. Егоров, Г. А. Влияние тепла и влаги на процессы переработки и хранения зерна [Текст] / Г. А. Егоров. - М. : Колос, 1973. - 264 с.*
- 2. Кишкилев, С.В. Исследование переработки зернового сырья на технологической линии при применении криогенных технологий [Электронный ресурс]/С.В. Кишкилев, Д.В. Тимофеева, Н.Н. Мартынов // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры». Материалы Всероссийской научно-методической конференции (с международным участием); Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2015. - 939-947с.*
- 3. Совершенствование кондиционирования и измельчения пшеницы и ржи [Текст] / И. А. Наумов. - М. : Колос, 1975. - 176 с. - Библиогр.: с. 173.*