

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ В КОМБИНИРОВАННОЙ УСТАНОВКЕ С ЗАКРУЧЕННЫМИ ПОТОКАМИ

Евдокимов А.В.

**Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий
г. Могилев, Республика Беларусь**

Одним из важнейших методов оценки эффективности процесса измельчения зерновых культур, а также способов дальнейшего развития методов повышения его эффективности является определение и анализ энергетических затрат в этой области, и разработка методов их снижения на основании точных расчетов. В ряде работ [1] показано что, например, при подготовке кормов из зерновых культур энергетические затраты на процесс измельчения составляют до 75% от всех затрат. Снижение этих показателей без потери качества конечного продукта и без уменьшения производительности методов измельчения является актуальной задачей на данном этапе развития устройств и технологий процессов измельчения.

Для энергетической оценки процессов измельчения удобно воспользоваться оценкой затрат мощности по [1, 2]. В работах показано, что затраты складываются из многих компонентов. При этом их доля в процентном отношении зависит от рассматриваемого процесса, и более того, в ряде случаев может полностью отсутствовать.

Отметим еще один важный фактор – при рассмотрении энергетического баланса процессов обработки зерна в литературе применяется несколько форм записи уравнений – через мощность и через работу, затрачиваемую на соответствующие процессы. Это необходимо учитывать при анализе энергетического баланса.

Проанализируем выражение энергетического баланса с точки зрения механотермической обработки зерна. Разделим мощности на четыре составляющие: мощность затрачиваемая непосредственно на измельчение зерна $N_{И}$; на сушку пророщенного зерна $N_{С}$; на комбинированный процесс сушки и измельчения $N_{Ком}$; на общие процессы $N_{Об}$. С учетом этого уравнение энергетического баланса для нашего случая примет вид

$$N = N_{И} + N_{С} + N_{Ком} + N_{Об}, \quad (1)$$

В уравнении энергетического баланса выделим мощности, затрачиваемые на процессы, связанные только с измельчением. Тогда с учетом уравнения [1] запишем

$$N_{И} = N_{ПД} + N_{УД} + N_{НП}. \quad (2)$$

где $N_{ПД}$ – мощность, затрачиваемая на пластическое деформирование измельчаемого материала;
 $N_{УД}$ – мощность, затрачиваемая на упругое деформирование;
 $N_{НП}$ – мощность, затрачиваемая на создание новой поверхности;
 Мощность, затрачиваемая на комбинированные процессы

$$N_{Ком} = N_{КЭ} = N_{КЭ,в} + N_{КЭ,н}. \quad (3)$$

где $N_{КЭ,в}$ – мощность на придание кинетической энергии продуктам измельчения, их транспортирование за счет вентиляторного эффекта установки;
 $N_{КЭ,н}$ – мощность на придание кинетической энергии продуктам измельчения, их транспортирование за счет тепловых потоков;

Мощность, затрачиваемая на сушку пророщенного зерна

$$N_C = Q + Q_{II} . \quad (4)$$

где Q_{II} – теплота, вырабатываемая при измельчении зерна.

Мощность, затрачиваемая на общие процессы

$$N_{Об} = N_{XX} + N_{КЛ} + N_{ЗВ} . \quad (5)$$

где N_{XX} – мощность холостого хода, учитывающая внутренние потери энергии установки;

$N_{КЛ}$ – затраты мощности на выделение готовых фракций продукта, классификацию измельченного материала;

$N_{ЗВ}$ – затраты мощности на создание звуковых и других колебаний, вибрацию, шум.

На холостом ходу мощность затрачивается на преодоление механического сопротивления, возникающего в разных частях установки. На основании схемы установки [3] отметим, что механические затраты разбиваются на три части: затраты на холостом ходу при работе двигателя N_{XX}^P ; затраты на работу двигателя питателя $N_{XX}^П$; и затраты на холостом ходу при работе вентилятора $N_{XX}^В$.

Тогда полная мощность потерь на холостом ходу в установке составит

$$N_{XX} = N_{XX}^P + N_{XX}^П + N_{XX}^В = (0,05 \div 0,07)N_{ДВ}^P + (0,005 \div 0,01)N_{ДВ}^П + (0,15 \div 0,35)N_{ДВ}^В \quad (6)$$

Выражение (6) учитывает потери на вращения ротора, питателя и работу вентилятора.

Анализ показывает, что максимальные потери происходят в двигателе центробежного вентилятора. Общие же потери в аппарате в целом на холостом ходу двигателей в зависимости от конкретной конструкции изменяются в диапазоне (0,8425÷1,958) кВт.

Проанализирована структура энергетического баланса совмещенного процесса измельчения и сушки высоковлажного сырья в сушилке-диспергаторе. По результатам анализа предложена классификация компонентов уравнения энергетического баланса исходя из их физической природы и вида влияния на энергетические затраты процессов механотермической обработки пророщенного зерна. Выполнен расчет наиболее значимых компонентов энергетического баланса.

Список использованных источников

1. Шуляк, В.А. Сушка и механотермическая обработка дисперсных материалов и сред / В.А. Шуляк. – Мн.: Изд. центр БГУ, 2003. – 240 с.
2. Подобед, Е.Л. Энергетический баланс комбинированного процесса механотермической обработки пророщенного зерна / Е.Л. Подобед, А.В. Евдокимов // Техника и технология пищевых производств: тезисы докладов XIII Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов, 18–19 апреля 2024 г., Могилев / Учреждение образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий»; редкол.: А. В. Акулич (отв. ред.) [и др.]. – Могилев: БГУТ, 2024. – С. 254.
3. Шаршунов, В.А. Процесс измельчения пророщенного зерна ржи, пшеницы и тритикале в комбинированной сушилке-диспергаторе / В.А. Шаршунов, М.А. Киркор, А.В. Евдокимов // Известия национальной академии наук Беларуси Серия аграрных наук – 2019. – №3. – С. 357 – 368.