

УДК 636.084(075.8):532.528

## **ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ВЛАЖНОГО ЗЕРНА В РОТОРНО-ПУЛЬСАЦИОННОМ АППАРАТЕ (РПА)**

*А.Н. Ободович, доктор технических наук,  
А.Ю. Лымарь, младший научный сотрудник.  
Институт технической теплофизики НАН Украины*

*Изложены изменения среднего диаметра частиц водозерновой смеси от количества циклов обработки и его влажности; влияние влажности замоченного и не замоченного зерна на изменение температуры при обработке в РПА; зависимость потребляемой мощности РПА от продолжительности переработки влажного и сухого зерна.*

*Роторно-пульсационный аппарат, дискретно-импульсный ввод энергии, зерновое сырье, теплофизические параметры.*

**Цель исследования** – определить влияние предварительного замачивания зерна на изменения энергетических характеристик аппарата.

**Материалы и методика исследований.** Обработка водозерновых смесей методом дискретно-импульсного ввода энергии (ДИВЭ) посредством роторно-пульсационного аппарата (РПА) нашла широкое применение в различных отраслях пищевой, перерабатывающей промышленности и в АПК [1, 2, 3]. Однако вопросы влияния предвари-тельного замачивания зерна на изменения энергетических характеристик аппарата не рассматривались.

Предлагаемые в настоящее время режимы переработки зерна с применением метода дискретно-импульсного ввода энергии (ДИВЭ) заключаются в следующем:

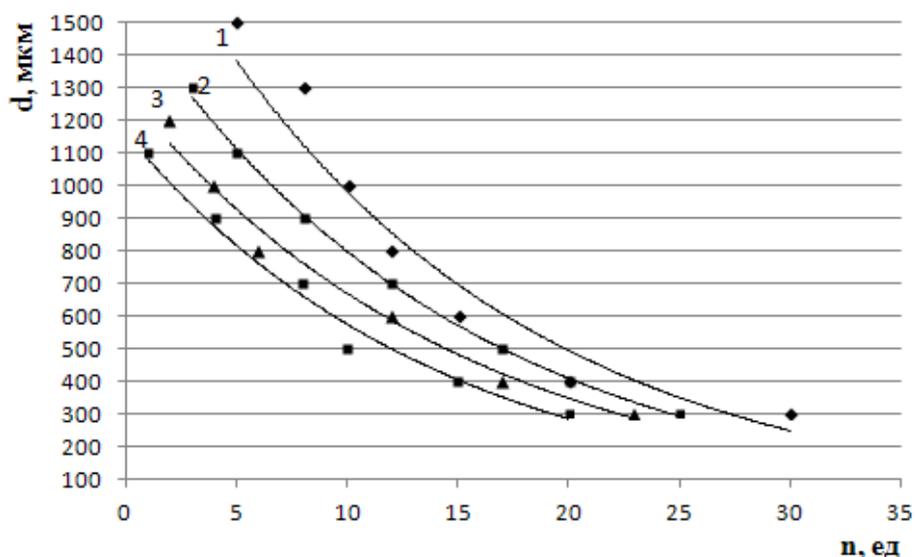
- смешивание цельного зерна с водой в различных соотношениях (1:1 – 1:4);
- обработка водозерновой смеси в РПА за один проход или в режиме рециркуляции до достижения нужных теплофизических и физико-химических параметров (дисперсность, температура, вязкость).

Известно, что в ряде технологий связанных с переработкой зерна его предварительно замачивают [4]. В связи с этим целью работы является изучение влияния замачивания зерна на удельные затраты энергии при его переработке в роторно-пульсационном аппарате.

В процессе замачивания зерна достигается цель изменения структуры белка, который связывает зерна крахмала, ослабление связей зерен крахмала, превращение оболочки зерна с полупроницаемой в полностью проницаемую [5].

**Результаты исследований.** Замачивание зерен зерновых культур это один из способов его размягчения. Зерно в воде впитывает влагу и увеличивается в объеме, гидратация клетчатки оболочек повышает их эластичность. Вода создает между составными частями зерна слои, которые

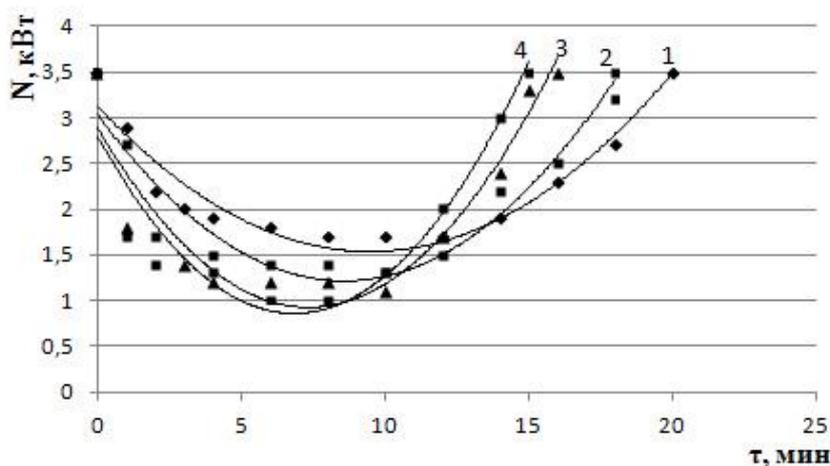
проявляют смазывающие и расклинивающие действия, что значительно ослабляет связи между оболочками, зародышем и эндоспермом. При проведении экспериментов зерно замачивали при температуре 40–48 °С в течение 24–48 часов до влажности 35–45 %. Установлено, что во время замачивания в экстракт переходит 5–7 % растворимых веществ зерна. Поэтому при обработке водозерновой смеси в РПА использовали замочную воду. Ограничение температуры замачивания до 48 °С связано с возможным началом клейстеризации крахмала содержащегося в зерне. Замоченное зерно с влажностью 35–45 % обрабатывали вместе с замочной водой методом ДИВЭ в РПА до среднего диаметра частиц 300 мкм, фиксируя при этом изменения температуры и потребляемой мощности. Параллельно с этим были проведены исследования по обработке водозерновой смеси в РПА с не замоченным зерном. Зависимость изменения среднего диаметра частиц водозерновой смеси от количества циклов обработки и влажности представлена на рис.1.



**Рис. 1. Зависимость изменения среднего размера частиц водозерновой смеси от количества циклов обработки и влажности зерна: 1 – 12%; 2 – 35%; 3 – 40%; 4 – 45%**

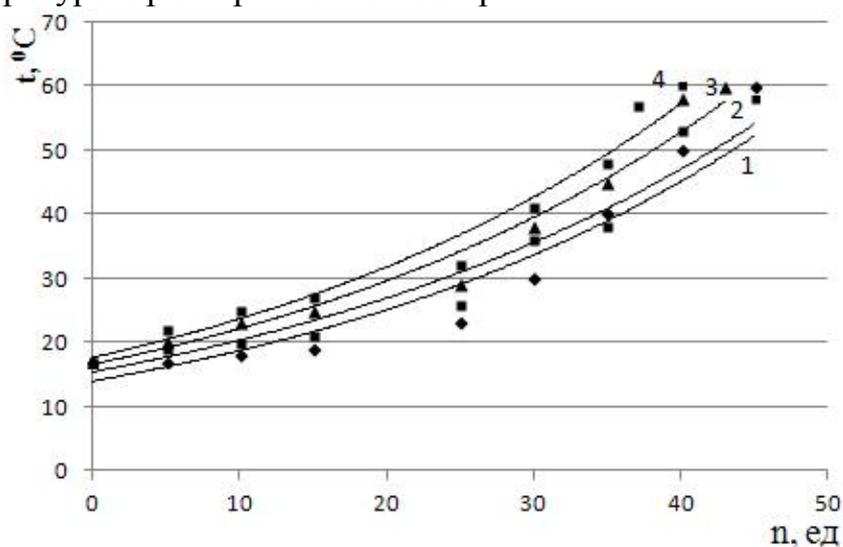
Кривая 1 на рис.1 соответствует обработке смеси не замоченного зерна влажностью 12 % с водой. Кривые 3,4,5 соответственно замоченного зерна до влажности 35,40 и 45 %. Установлено, что увеличение влажности зерна в результате замачивания позволяет уменьшить количество циклов обработки от 30 до 20-23 единиц для достижения среднего диаметра частиц 300 мкм. Уменьшение количества циклов обработки приводит к снижению продолжительности процесса диспергирования и снижению энергозатрат. На рисунке 2 показана зависимость потребляемой мощности РПА от продолжительности переработки влажной зерновой смеси и сухой.

Для всех кривых, представленных на рис. 2, характерно в начальный момент большая потребляемая мощность из-за высоких пусковых токов во время включения РПА. С увеличением продолжительности обработки до 2–4 мин потребляемой мощности падает на 40–45 % и держится на постоянном уровне до 10–14 мин.



**Рис. 2. Изменение потребляемой мощности РПА от продолжительности переработки зерновой смеси с начальной влажностью зерна: 1 – 12 %; 2 – 35 %; 3 – 40 %; 4 – 45%**

Далее следует резкое повышение потребляемой мощности РПА до 4-5 кВт. Описанное изменение потребляемой мощности РПА объясняется тем, что с увеличением продолжительности обработки, дисперсность зерна уменьшается, масса становится однородной и легко проходит через рабочие органы РПА. Когда масса стала однородной и мелкодисперсной. Потребляемая мощность, достигая своего минимума на протяжении от 4 до 12 мин, является практически неизменной, с повышением обработки свыше 10-12 мин зерновая смесь нагревается, крахмал клейстеризуется, резко повышается вязкость раствора, что приводит к увеличению потребляемой мощности. Использование ранее замоченного зерна до влажности 35,40,45 % позволяет снизить потребляемую мощность РПА на 15-20 %. В дальнейших исследованиях было показано влияние влажности замоченного и не замоченного зерна на изменение температуры при обработке в РПА рис.3.



**Рис. 3. Зависимость изменения температуры обрабатываемой среды от количества циклов при влажности зерна: 1 – 12%; 2 – 35%; 3 – 40 %; 4 – 45 %**

Из данного рисунка видно, что общая тенденция всех кривых направлена на повышение температуры смеси с увеличением количества циклов обработки.

От 5 до 25 циклов обработки температура смеси повышается намного меньше, чем от 25 и выше. Это объясняется тем, что в начальный период обработки дисперсность не очень велика. С увеличением количества циклов обработки свыше 25, размер частиц становится равным 300–500 мкм. При таком размере частиц и температуре 30–35 °С происходит начало клейстеризации крахмальных зерен, что резко повышает вязкость среды. С повышением вязкости возрастает энергия диссипации и, как следствие, увеличивается температура. Чем больше влажность зерна, тем оно становится более набухшее, межмолекулярные связи ослабевают и процесс диспергирования проходит быстрее. Следовательно, быстрее проходит клейстеризация крахмала и быстрее повышается температура. С увеличением влажности зерна от 12 до 45 % при 30 циклах обработки температура повышается от 30 до 40 °С.

### **Заключение**

По результатам проведенных экспериментов можно сделать выводы о том, что предварительное замачивание зерна в течении 48 часов водой с температурой 45 °С, благотворно влияет на дальнейшую его переработку в РПА. На 20–25 % снижается продолжительность диспергирования, в 1,2–1,3 раза быстрее проходит повышение температуры смеси и на 15–20 % снижается потребляемая мощность РПА.

### **Список литературы**

1. Ободович А.Н. Дискретно-импульсный ввод энергии в технологии бродильного и хлебопекарного производства / А.Н. Ободович // Вібрації в техніці та технологіях. – 2008. – С. 68 - 77.
2. Ободович А.Н. Совершенствование технологии приготовления суслу из крахмалосодержащего сырья в спиртовом производстве с применением метода дискретно-импульсного ввода энергии / А.Н. Ободович, Т.Л. Грабова, А.Р. Коба // Промышленная теплотехника – 2007. – Т.29, № 4. – С. 59 - 63.
3. Драганов Б.Х. Исследование процесса диспергирования зерновых смесей с применением метода дискретно-импульсного ввода энергии для получения жидких кормов / Б.Х. Драганов, А.Н. Ободович, А.Ю. Лымарь // Промышленная теплотехника – 2013. – Т. 35, № 5. – С. 9 - 18.
4. Мальцев П.М. Технология бродильных производств / П.М. Мальцев – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Пищевая промышленность. 1980. – 596 с.
5. Ліпєц А.А. Технологія крохмалю та крохмалепродуктів: Навч. Посібник. – К.: НУХТ, 2003. – 168 с.

*Викладені зміни середнього діаметра частинок водозернової суміші від кількості циклів обробки і вологості; вплив вологості замоченого і не замоченого зерна на зміну температури при обробці в РПА; залежність споживаної потужності РПА від тривалості переробки вологого і сухого зерна.*

***Роторно-пульсаційний апарат, дискретно-імпульсне введення енергії, зернова сировина, теплофізичні параметри.***

*Presented a study of the impact of pre-soaking the grain in the variation of the energy characteristics of the product.*

*Shown changes in the average particle diameter vodozernovoy mixture count cycles and humidity effects due to moisture soaked and wetted grain temperature changes during processing RPA dependence of power consumption on the duration of processing of the RPA wet and dry grain.*

*Rotary pulsation apparatus, discrete input pulse energy, grain raw materials, thermal parameters.*