

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ШЕЛУШИЛЬНО-ШЛИФОВАЛЬНОЙ МАШИНЫ

Гросул Л.И., д-р техн. наук, профессор, Шипко И.М., канд. техн. наук, доцент,
Украинцев И.С., магистр
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

Представлены результаты исследования обработки зерна пшеницы в шелушильно-шлифовальной машине оснащенной распределительно-направляющим устройством.

The results of experimental research of processing grain of wheat in disk shelling-grinding machine with distributive-directive installation have been proposed.

Ключевые слова: шелушение, шлифование, шелушильно-шлифовальная машина.

В результате проведенного анализа принципов действия и конструктивно-функциональных решений шелушильных и шлифовальных машин установлено, что основным оборудованием, применяемым в зерноперерабатывающей промышленности для шелушения зерна с прочной связью оболочек и шлифования ядра, являются дисковые машины А1-ЗШН-3. Эти машины отличает высокая универсальность – способность перерабатывать ячмень, пшеницу, горох, кукурузу. Простая конструкция рабочей зоны, выполненной в виде дискового абразивного ротора окруженного ситовым цилиндром [1], обуславливает недостатки:

- неравномерные условия обработки зерна по высоте рабочей зоны (нижние абразивные диски воспринимают наибольшее давление, создаваемое высотой слоя продукта в рабочей зоне, в то время как верхние диски оказываются не загруженными);
- зерновая масса в рабочей зоне вовлекается во вращательное движение вместе с ротором, что снижает скорость движения зернового потока относительно абразивных дисков;
- торцевые поверхности абразивных дисков, занимающие значительную часть от общей поверхности рабочих органов, не участвуют в истирании оболочек.

Приведенные недостатки обусловливают необходимость поиска новых конструктивно-функциональных решений, основанных на использовании распределительно-направляющих устройств (РНУ) [2]. РНУ устанавливают над каждым абразивным диском между ситовым цилиндром и валом машины. РНУ состоит из воронки, направляющей зерновой поток на торец абразивного диска и радиальных тормозных лопаток, закрепленных на внешней поверхности и в середине воронки.

Разработка новых конструкций шелушильных и шлифовальных машин с улучшенными техническими характеристиками невозможна без учета основных закономерностей процессов отделения покровных тканей зерновки. Для проведения необходимых исследований разработана и изготовлена лабораторная экспериментальная шелушильно-шлифовальная машина с тремя абразивными дисками размером 250×76×35 мм, зернистостью № 80. Над каждым диском устанавливали РНУ, оснащенное верхними и нижними тормозными лопатками. Во время эксперимента исследовалась зависимость количества отделяемых оболочек, дробленых зерен, зольность продукта и мощность привода ротора от факторов: угловой скорости ротора, производительности, количества тормозных лопаток над абразивными дисками, количества тормозных лопаток расположенных в середине воронки РНУ. Диапазон варьирования факторов выбирали с учетом предварительного анализа литературных источников и по результатам предварительных опытов. Эксперимент проводили по схеме греко-латинского квадрата [3].

Таблица 1 – План экспериментального исследования

| | K^H_1 | K^H_2 | K^H_3 | K^H_4 | K^H_5 |
|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| K^B_5 | $\omega_1 Q_1$ | $\omega_2 Q_2$ | $\omega_3 Q_3$ | $\omega_4 Q_4$ | $\omega_5 Q_5$ |
| K^B_4 | $\omega_2 Q_5$ | $\omega_3 Q_1$ | $\omega_4 Q_2$ | $\omega_5 Q_3$ | $\omega_6 Q_4$ |
| K^B_3 | $\omega_3 Q_4$ | $\omega_4 Q_5$ | $\omega_5 Q_1$ | $\omega_1 Q_2$ | $\omega_2 Q_3$ |
| K^B_2 | $\omega_4 Q_3$ | $\omega_5 Q_4$ | $\omega_1 Q_5$ | $\omega_2 Q_1$ | $\omega_3 Q_2$ |
| K^B_1 | $\omega_5 Q_2$ | $\omega_1 Q_3$ | $\omega_2 Q_4$ | $\omega_3 Q_5$ | $\omega_4 Q_1$ |

Основным объектом исследования был процесс в рабочей зоне шелушильно-шлифовальной машине. Определение необходимого числа повторений опытов производили при фиксированных значениях входных факторов на средних уровнях. Применение представленного плана эксперимента позволило умень-

шить количество опытов и получить многофакторные зависимости исследуемых параметров процесса от варьируемых факторов в виде произведения нелинейных функций. Данный план эксперимента позволяет получить максимальную по охвату и наиболее достоверную по содержанию информацию. Такая схема проведения экспериментов позволяет исключить помехи, учесть взаимодействие всех исследованных факторов, статистических неоднородностей в условиях проведения опытов, а методом дисперсионного анализа оценить влияние каждого из факторов на изучаемый параметр. При проведении эксперимента уровни варьирования факторов принимали следующие значения: угловая скорость вращения ротора $\omega_1 = 52,36 \text{ C}^{-1}$; $\omega_2 = 104,72 \text{ C}^{-1}$; $\omega_3 = 157,08 \text{ C}^{-1}$; $\omega_4 = 209,44 \text{ C}^{-1}$; $\omega_5 = 261,80 \text{ C}^{-1}$; производительность $Q_1 = 8,33 \times 10^{-2} \text{ кг/с}$; $Q_2 = 4,17 \times 10^{-2} \text{ кг/с}$; $Q_3 = 5,55 \times 10^{-2} \text{ кг/с}$; $Q_4 = 4,17 \times 10^{-2} \text{ кг/с}$; $Q_5 = 2,78 \times 10^{-2} \text{ кг/с}$; количество наружных тормозных лопаток $K_{H1} = 0$ шт; $K_{H2} = 2$ шт; $K_{H3} = 4$ шт; $K_{H4} = 6$ шт; $K_{H5} = 8$ шт; количество тормозных лопаток внутри РНУ, $K_{B1} = 0$ шт; $K_{B2} = 2$ шт; $K_{B3} = 4$ шт; $K_{B4} = 6$ шт; $K_{B5} = 8$ шт. В соответствии с принятой целью и задачами исследования разработана конструкция лабораторной установки. Ситовая обечайка расположена в корпусе рабочей камеры, вертикальный вал с абразивными дисками вращается в двух подшипниковых опорах. Между абразивными дисками установлены распределительно-направляющие устройства (РНУ). Привод машины осуществляется в верхней части машины от электродвигателя через клиноременную передачу. Для воздушного сепарирования продуктов шелушения предусмотрена на выпускном патрубке аспирационная колонка а на нижнем конце вала вентилятор. Зерно, поступающее через приемный патрубок, распределяется по верхней воронке РНУ и через кольцевой зазор между валом и воронкой направляется на торцевую поверхность верхнего абразивного диска, где подвергается интенсивному истирающему воздействию. Тормозные лопатки, препятствуя совместному вращению зернового потока и абразивного диска, обеспечивают накопление перед собой объемов зерна. Это способствует созданию межзернового давления, интенсифицирует истирающее воздействие и увеличивает относительные скорости обрабатываемого зерна и абразивных рабочих поверхностей. Под действием центробежных сил объемы зерна перед тормозными лопатками свободно перемещаются в радиальном направлении, заполняют пространство между боковыми цилиндрическими поверхностями абразивных дисков и обечайкой. Перемещаясь далее вниз под действием силы тяжести, зерновая масса попадает на ниже расположенное РНУ и обрабатывается в следующей секции машины, образованный абразивным диском, ситовой обечайкой и РНУ.

Обработку экспериментальных данных производили методом Брандона [3]. Ранжирование влияния каждого фактора на поверхность отклика выполняли с помощью дисперсионного анализа результатов эксперимента. Сравнение значений систематической и случайной дисперсий позволяет исключить факторы, не существенно влияющие на изучаемый процесс и определить значимые. Дисперсии, привнесенные в экспериментальные данные каждым фактором, сравнивали между собой и с дисперсией ошибки. Было определено, что наибольшее влияние на потребляемую приводным электродвигателем мощность и количество отделяемых оболочек оказывает угловая скорость вращения ротора и производительность. Значительно меньше влияет на процесс шелушения-шлифования количество тормозных лопаток над абразивными дисками. Наличие тормозных лопаток расположенных внутри воронки РНУ на экспериментальные данные не влияет. Результаты дисперсионного анализа учитывали при проведении регрессионного анализа, устанавливая последовательность поиска аппроксимирующих функций. В результате получены функциональные зависимости параметров от факторов:

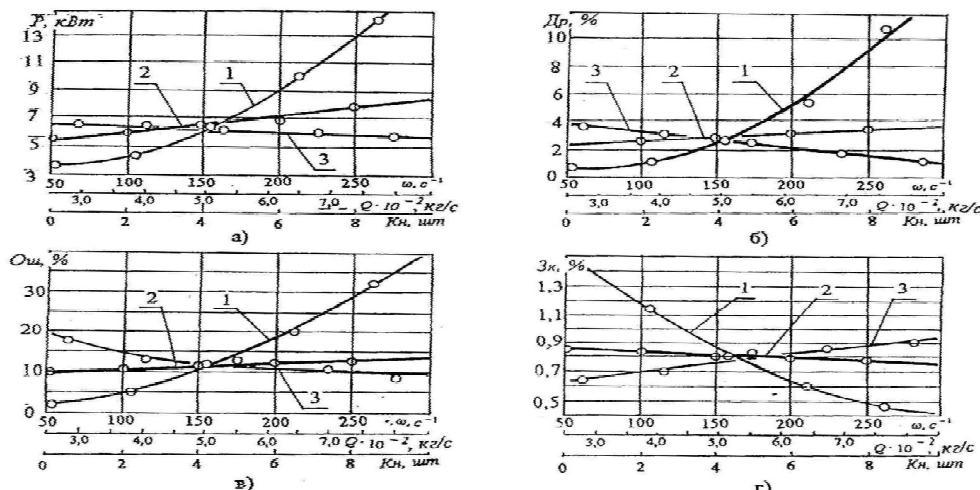
$$O_{\text{ш}}(\omega, Q, K_H) = 1,03 \cdot 10^{-4} \cdot \omega^2 \cdot Q^{-0,5} \cdot \exp(1,42 \cdot 10^{-2} \cdot K_H)$$

$$Z_{\text{я}}(\omega, Q, K_H) = 1,65 \exp(4,549 Q - 6,015 \cdot 10^{-3} \omega - 1,019 \cdot 10^{-2} K_H).$$

$$D_P(\omega, Q, K_H) = 0,503 \exp(1,405 \cdot 10^{-2} \omega - 11,475 Q + 8,623 \cdot 10^{-3} K_H).$$

$$P(\omega, Q, K_H) = 2013,6 \exp(7,26 \cdot 10^{-3} \omega - 1,57 Q + 2,5 \cdot 10^{-2} K_H).$$

Соответствие полученных уравнений реальному процессу обработки зерна пшеницы в рабочей зоне шелушильно-шлифовальной машины, их адекватность оценивали по сопоставлению табличных и расчетных значений F – критерия Р. Фишера, определяемых в результате проведенного дисперсионного анализа. Экспериментальная проверка показала, что расхождение действительных значений основных параметров процесса обработки зерна и значений, предсказанных по полученным формулам не превышает 7,5 %.



a) – мощність потрібляема приводним електродвигателем; б) – прирост дроблених зерен;
в) – образування отходів шелушення–шлифування; г) – зольність крупи
1 – угловий скорості; 2 – кількості тормозних лопаток; 3 – производительности

Рис. 1 – Залежності параметрів процесу шелушення-шлифування пшеници від факторів

Получені уравнення позволяють розраховувати вихід і зольність пшеничної крупи, прираціння дроблених зерен і кількість отходів шелушення-шлифування, потребну мощність привода машини в залежності від режимів обробки і конструктивних параметрів робочої зони. Применение цих уравнений позволяет проводить оптимізацію і визначати раціональні конструктивні параметри робочої зони і технологічні режими обробки зерна.

Выводы

В результате дисперсионного анализа установлено, что наиболее активным фактором влияющим на процесс шелушения-шлифования является скорость вращения абразивного ротора ω , вторым по активности является производительность Q и третьим – количество тормозных лопаток K_H . Влияние количества лопаток K_B , установленных на внутренней поверхности направляющей воронки, не оказывает существенного влияния на исследуемые параметры процесса.

В результате регрессионного анализа экспериментальных данных получены уравнения зависимости параметров процесса шелушения-шлифования от исследуемых факторов. Данные уравнения позволяют предсказывать выход и зольность пшеничной крупы, прираціння дроблених зерен и кількість отходів шелушення-шлифування, потребну мощність привода машини в залежності від режимів обробки і конструктивних параметрів робочої зони. Использование этих уравнений позволяет устанавливать раціональні конструктивні параметри робочої зони і технологічні режими обробки зерна.

Література

- Технологическое оборудование предприятий по хранению и переработке зерна / А.Я. Соколов, В.Ф. Журавлев, В.И. Душин и др.; Под ред. А.Я. Соколова. – Изд. 5-е, перераб. и доп. – М.: Колос, 1984.- 445 с.
- Пат. 16612 Україна, МКІ ВО2 В 3/02 Лущильно-шлифувальна машина / Л.Г. Гросул, В.В. Трубов, М.В. Рибников, С.В. Інютин, І.М. Шипко і Г.З. Чеботаряну (Україна); ОГАПТ. – №4836202; Опубл. 29.08.97; Бюл. № 4. – 4 с.
- Грачев Ю.П. Математические методы планирования эксперимента. – М.: Пиц. Пром-сть, 1979. – 200 с.