УДК 666.9:519

ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ СУХОЙ СЫРЬЕВОЙ МУКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ DEM-ТЕХНОЛОГИЙ

С. И. АНЦИФЕРОВ, А. Н. СЫСОЕВ, У. И. ЗАПАРА, В. В. НИКУЛИН
Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова
Белгород, Россия

В современных условиях развития пищевой промышленности особое внимание уделяется качеству и эффективности производственных процессов, и одним из ключевых этапов в производстве муки выступает подготовка сухого сырья, требующая точного контроля и оптимизации всех технологических операций.

На начальном этапе подготовки сырья осуществляется очистка зерна от посторонних примесей, и именно здесь DEM-моделирование демонстрирует высокую практическую ценность, поскольку позволяет оптимизировать параметры работы сепараторов, вибрирующих сит и магнитных уловителей, добиваясь максимальной эффективности удаления нежелательных включений и обеспечивая требуемую однородность зерновой массы. Следующим критически важным этапом является кондиционирование зерна, предполагающее его увлажнение и тепловую обработку, и в этом сегменте применение DEM-технологий помогает точно контролировать изменение влажности и температуры зерна, обеспечивая оптимальное взаимодействие между оболочками и эндоспермом, что напрямую влияет на мукомольные свойства сырья и способствует повышению выхода качественной муки [1]. Моделирование процессов на стадии кондиционирования позволяет прогнозировать поведение зерновой массы при различных режимах обработки и подбирать такие параметры, которые обеспечивают наилучшее разрыхление оболочек и сохранение целостности эндосперма, что особенно важно для получения муки высоких сортов.

Процесс измельчения зерна представляет собой наиболее сложный и ответственный этап, где DEM-технологии находят особенно широкое применение, поскольку позволяют детально анализировать работу вальцовых станков, ударных мельниц и другого измельчающего оборудования, оптимизируя такие параметры, как скорость вращения валков, профиль рифления, зазор между рабочими органами и интенсивность подачи сырья [2].

Кроме того, DEM-моделирование помогает прогнозировать износ рабочих органов мельниц, что позволяет планировать техническое обслуживание и снижать эксплуатационные расходы. На этапе сортировки и классификации муки применение DEM-технологий также даёт существенные преимущества, поскольку позволяет моделировать процессы просеивания на многоярусных ситах, пневматической сепарации и других методов разделения фракций по размеру и плотности частиц, обеспечивая высокую точность классификации и соответствие продукта заданным стандартам качества.

Практическое внедрение DEM-технологий (рис. 1) в процесс подготовки сухой сырьевой муки позволяет достичь целого ряда значимых результатов,

включая повышение общей эффективности производства, снижение потерь сырья, улучшение качественных характеристик конечной продукции и оптимизацию эксплуатационных затрат [3].

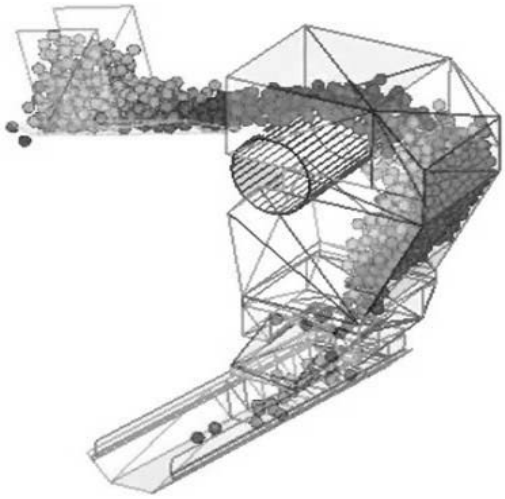

Рис. 1. Анализ с помощью DEM-технологий

Перспективы дальнейшего развития применения DEM-технологий в мукомольной промышленности связаны с совершенствованием математических моделей и алгоритмов расчёта, интеграцией DEM-моделирования с другими методами компьютерного анализа, такими как вычислительная гидродинамика (CFD) для учёта влияния воздушных потоков при пневматической транспортировке и сепарации, а также с развитием систем автоматизированного управления производством на основе данных, полученных в ходе моделирования. Развитие вычислительных мощностей и появление более эффективных программных решений делают DEM-анализ всё более доступным для предприятий различного масштаба, способствуя его широкому распространению в отрасли. Внедрение этих технологий не только повышает конкурентоспособность мукомольных предприятий, но и способствует обеспечению стабильного качества продукции, что является важнейшим фактором успеха на современном рынке. Таким образом, исследования технологического процесса подготовки сухой сырьевой муки с применением DEM-технологий представляют собой актуальное и перспективное направление.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Белибова, Ю. А.** Разработка способов регулирования свойств и обогащения пшеничной муки на стадии её производства : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.01 / Белибова Юлия Александровна. – М., 2009. – 145 л.

2. **Сысоев, А. Н.** Современные устройства подачи сухой сырьевой муки / А. Н. Сысоев, С. В. Медведев // Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2025. – С. 57–61.

3. Формирование хлебопекарных свойств муки под влиянием структурно-механических качеств зерна пшеницы / П. В. Медведев, В. А. Федотов, И. А. Бочкарева, Е. С. Лукьянова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2022. – № 7 (121). – С. 15–21.