

## **НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ АППАРАТОВ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ПОЛИДИСПЕРСНЫХ ПИЩЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**Киркор М.А., Акулич А.В.**

**Могилевский государственный университет продовольствия  
г. Могилев, Республика Беларусь**

В настоящее время в разных отраслях промышленности все большее распространение получают тонкодисперсные порошки, которые могут быть использованы в качестве добавок или заменителей основного продукта. Например, в кондитерском производстве все большее применение находит порошок какао-веллы, который используется в качестве полуфабриката при производстве некоторых видов кондитерских изделий (для обсыпки конфет, карамели, тортов, пирожных, при производстве жировой глазури и др.) или заменителя какао-порошка при производстве мучных изделий. В производстве комбикормов одними из важных компонентов, входящих в составы их рецептур, являются порошки известняка, свекловичного жома и рапсового жмыха. Они используются, например, в рецептурах полнорационных комбикормов и премиксов для кур яичных пород, кроликов, нутрий и т.д., а также для молодняка крупного рогатого скота на откорме. Применение таких порошков обусловлено тем, что в них замедляются процессы, ухудшающие их качество, а также они отличаются удобством в хранении (их можно длительное время хранить при обычных температурах), транспортабельностью, компактностью и простотой дозирования и упаковки.

Одним из важнейших требований, предъявляемых к таким порошкам, является строго регламентированный гранулометрический состав. Так как для получения порошков одной из важнейших стадий является измельчение исходного материала, которая является наиболее энергоемкой операцией, то одним из препятствующих факторов является себестоимость порошка. Для снижения энергоемкости процесса измельчения, а также обеспечения равномерности распределения частиц готового порошка по размерам используется процесс классификации. В зависимости от назначения этот процесс может быть использован на предварительной стадии (для выделения из измельчаемого материала частиц, удовлетворяющих требованиям по их размерам) с целью снижения нагрузки на измельчающее оборудование и переизмельчения материала, и на окончательной стадии – для выделения из измельченного материала частиц, не удовлетворяющих по своим размерам предъявляемым требованиям и возврата их на доизмельчение.

На данный момент не существует строгой классификации установок для разделения порошков на фракции. С целью систематизации данных по конструкциям этих установок, полученных в результате патентного поиска, была предпринята попытка структурирования данных установок по основным признакам. Полученные результаты представлены на рисунке 1.

По виду несущей среды классификаторы можно разделить на воздушные и гидравлические. Недостатками гидравлических классификаторов являются необходимость наличия дополнительного оборудования, последующей сушкой полученных порошков, а также большие расходы, что ведет к увеличению энергоемкости процесса и себестоимости готового продукта.

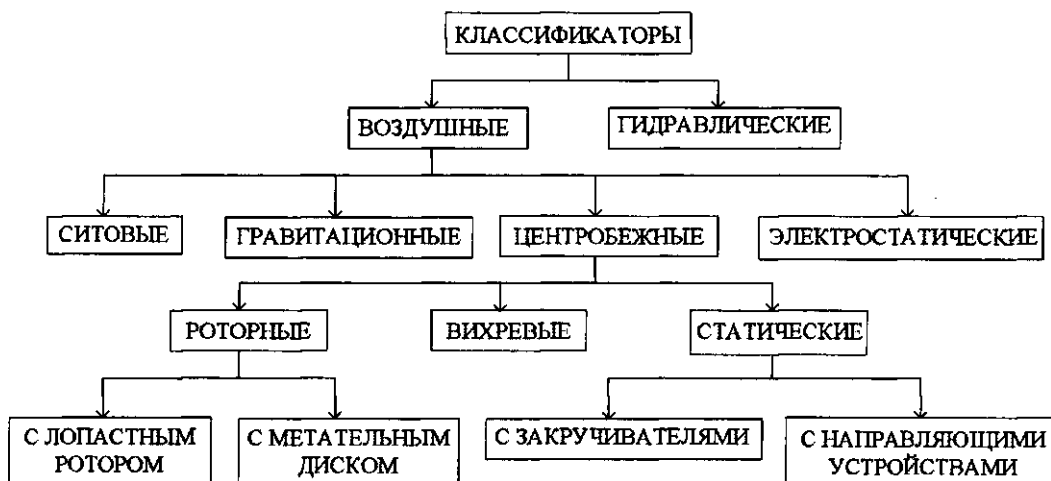


Рисунок 1 – Классификация установок для разделения порошков

В свою очередь, воздушные классификаторы по способу выделения частиц из потока (действующим силам) можно разделить на ситовые, гравитационные, центробежные и электростатические. Недостатками ситовых классификаторов является склонность к агрегатированию частиц малых размеров, а также ориентация частиц неправильной формы по отношению к ячейкам сита. Электростатические классификаторы производят разделение материала в среде магнитного поля, однако сложность изготовления и обслуживания не дает возможности применять их в производстве. К тому же, процесс электростатического разделения сопряжен со значительными энергозатратами, что делает данный процесс экономически неэффективным и не применимым для разделения тонкодисперсных порошков. В гравитационных классификаторах разделение происходит благодаря разнице сил аэродинамического сопротивления и силы тяжести. Фактором разделения является масса частицы, однако также немалое значение играет и величина лобового сопротивления частицы, режим обтекания частицы воздушным потоком. В классификаторах данного типа затруднен отвод частиц готового продукта, а также невозможность точной регулировки граничного размера разделения. Разделение продукта в центробежных классификаторах происходит за счет придания потоку продукта вращательного движения и, как следствие, возникновения центробежных сил инерции, под действием которых и происходит разделение.

Центробежные классификаторы по способу создания центробежной силы можно разделить на роторные (центробежная сила возникает вращении лопастного ротора или метательного диска), статические (поток аэрозвеси приводится во вращение при помощи специальных закручивателей или направляющих устройств без наличия в корпусе аппарата вращающихся элементов) и вихревые. Основным достоинством аппаратов данного типа является возможность точной регулировки граничного размера разделения за счет управления гидродинамикой потоков внутри самого корпуса аппарата.

Отличительной особенностью вихревых классификаторов является разделение полидисперсного материала в системе взаимодействия двух закрученных потоков со ступенчатым уменьшением поперечного сечения периферийного потока по направлению его движения. Уменьшение радиуса вращения потока обеспечивает увеличение

центробежной силы, что способствует повышению разделяющей способности и возможности выделения частиц меньшего размера.

На основе анализа патентной и литературной информации по конструкциям центробежных роторных аппаратов для разделения полидисперсных материалов можно выделить направления, по которым развивается проектирование классификаторов данного типа:

1. Разрабатываемый аппарат должен содержать один корпус.
2. Корпус должен иметь цилиндроконическую форму, однако не исключена возможность проектирования аппаратов с цилиндрическим либо коническим корпусом.
3. Классификатор должен содержать один входной патрубок, то есть подача исходного продукта на разделение происходит вместе с несущим потоком.
4. В конструкции аппарата должно быть предусмотрено наличие минимум двух выходных патрубков.
5. Приводной вал необходимо располагать в вертикальной плоскости.
6. Рабочий орган классификатора (ротор) должен быть дисковой формы, однако не исключена возможность проектирования ротора цилиндрической либо конической формы, а также в виде лопастей.
7. Конструкция ротора должна обеспечивать минимум неравномерности распределения полей скоростей и давлений по ширине проточного канала, иметь минимум отрывных течений и обратного перемешивания в потоке.

На основе вышеперечисленных критериев была разработана конструкция нового центробежного классификатора для разделения полидисперсных материалов, которая представлена на рисунке 2. Классификатор работает следующим образом: посредством шкива привода 4 приводится во вращение ротор 3, закрепленный на приводном валу 2. При достижении параметров рабочего режима через патрубок загрузки исходного материала 8 подается газозвесь, содержащая полидисперсный материал, подлежащий разделению. Поток аэрозольной смеси направляется на ротор 3, где, за счет действия центробежной силы и силы аэродинамического давления, самые мелкие частицы отводятся с частью газового потока в патрубок 6, а частицы с размерами, крупнее заданного граничного размера отбрасываются к стенке корпуса 1 и отводятся – через патрубок 7.

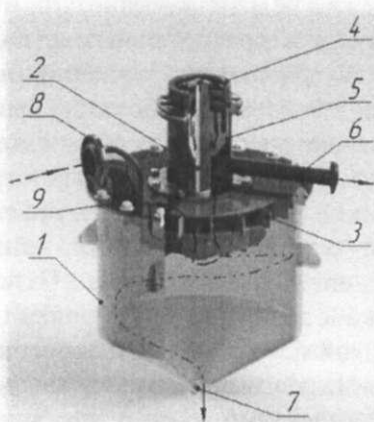
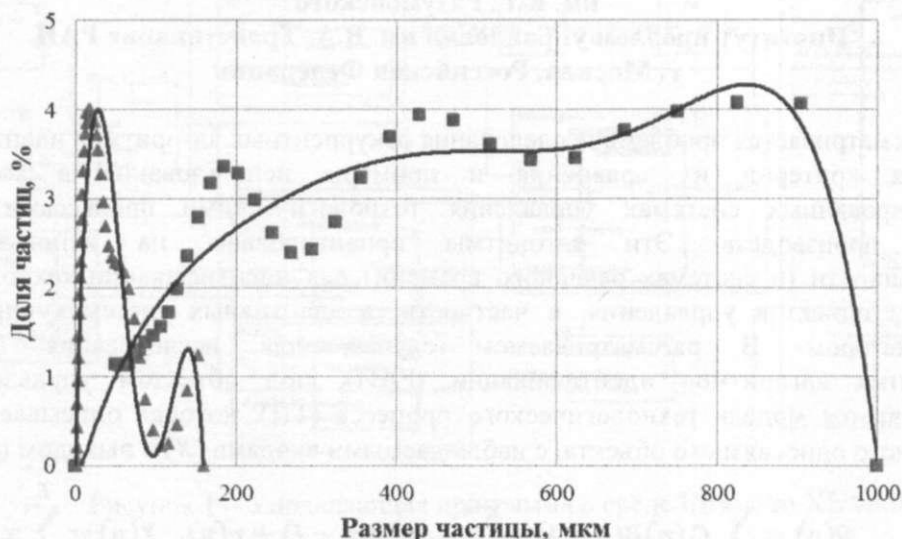


Рисунок 2 – Центробежный классификатор для разделения полидисперсных материалов

Экспериментальные исследования по классификации измельченной какаоеллы проводились при изменении частоты вращения ротора классификатора  $n$  от 5 об/с до 50 об/с и расхода воздуха  $Q$  от  $0,012\text{ м}^3/\text{с}$  до  $0,018\text{ м}^3/\text{с}$ . В результате экспериментов были получены порошки (мелкая и крупная фракции), гранулометрические составы некоторых из которых в виде дифференциальных кривых распределения частиц по размерам, представлены на рисунке 3.



▲ 1 ■ 2

1 – мелкая фракция; 2 – крупная фракция

Рисунок 3 – Гранулометрические составы полученных фракций при  $n = 5$  об/с и  $Q = 0,018\text{ м}^3/\text{с}$

Одной из важнейших характеристик процесса классификации является граничный размер частиц, т.е. диаметр частицы, для которой степень разделения равна 50% (точка пересечения дифференциальных кривых распределения частиц по размерам для мелкой и крупной фракций). Анализ данных, представленных на рисунке 3, свидетельствует о том, что граничный размер разделения при данных параметрах работы установки составляет 60 мкм. При обработке полученных экспериментальных данных было установлено, что граничный размер частиц находится в прямой зависимости от частоты вращения ротора классификатора и расхода воздуха.

В заключении следует отметить, что наиболее перспективным направлением при конструировании аппаратов для классификации пищевых полидисперсных порошков является разработка центробежных классификаторов (как роторных, так и статических) в связи с возможностью управлять аэродинамикой потоков в корпусе аппарата без существенных затрат электроэнергии, что, в свою очередь, позволяет регулировать граничный размер разделения, а соответственно и гранулометрический состав готового порошка.