

ПРОЦЕССЫ, АППАРАТЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

УДК 621.928

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ПОЛИДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

А.В. Акулич, М.А. Киркор, В.М. Лустенков

Приведена классификация и конструкции новых установок для разделения полидисперсных материалов на фракции. Представлены результаты экспериментальных исследований процесса классификации пищевых полидисперсных материалов. Установлено влияние кинематических, расходных и конструктивных параметров проведения процесса на гранулометрический состав полученных порошков.

Введение

В настоящее время в разных отраслях промышленности все большее распространение получают тонкодисперсные порошки, которые используются в качестве добавок или заменителей основного продукта. Например, в кондитерском производстве применение находит порошок какао-веллы, который является полуфабрикатом при производстве некоторых видов кондитерских изделий (для обсыпки конфет, карамели, тортов, пирожных, при производстве жировой глазури и др.) или заменителем 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 порошкам, является строго регламентированный гранулометрический состав. При получении порошков одной из важнейших стадий является измельчение исходного материала, которое характеризуется большой энергоемкостью. 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 общей классификации установок для разделения по-

рошков на фракции. С целью систематизации данных по конструкциям этих установок сделана попытка их структурирования по основным признакам, выявленным на основе патентного поиска. Полученные результаты представлены на рисунке 1 [1,2].

По виду несущей среды классификаторы разделяются 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

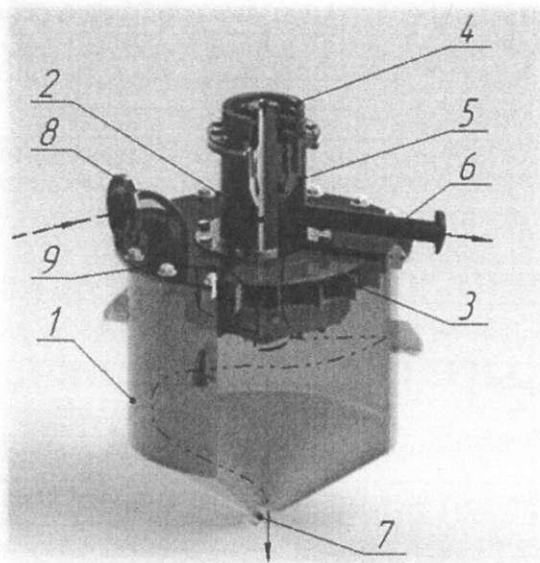
В свою очередь, воздушные классификаторы по способу выделения частиц из потока (действующим силам) разделяются на ситовые, гравитационные, центробежные и электростатические. Недостатками ситовых классификаторов является склонность к агрегатированию частиц малых размеров, а также ориентация частиц неправильной 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 разделяются на роторные (центробежная сила возникает при вращении 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

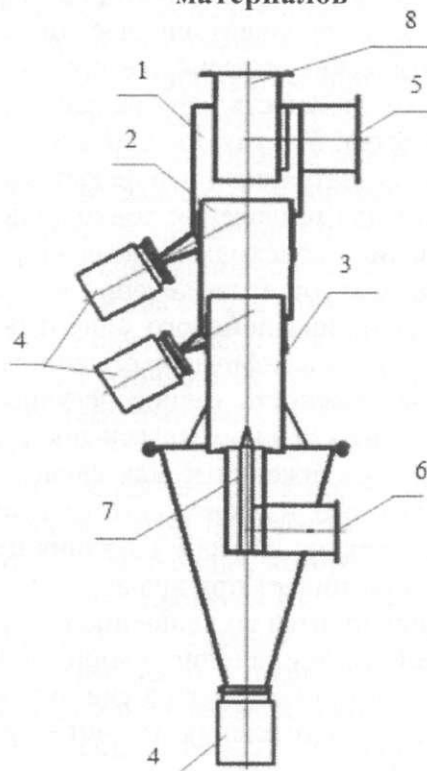
способствует повышению разделяющей способности и возможности выделения частиц меньшего размера [3]. С учетом всего вышесказанного наиболее перспективными направлениями при разработке установок для классификации полидисперсных материалов являются проектирование центробежных роторных и вихревых аппаратов.

В работе разработаны установки для разделения полидисперсных материалов, схемы которых представлены на рисунках 2 и 3 [2,3].



1 – корпус; 2 – приводной вал; 3 – ротор; 4 – шкив; 5 – подшипниковый узел;
6 – патрубок вывода мелкой фракции; 7 – патрубок вывода крупной фракции;
8 – входной патрубок; 9 – крышка

Рисунок 2 – Центробежный классификатор для разделения полидисперсных материалов



1, 2, 3 – цилиндрические камеры первой, второй и третьей ступеней классификации;
4 – бункеры для сбора материала; 5, 6 – патрубки первичного и вторичного потока;
7 – завихритель вторичного потока; 8 – выхлопная труба

Рисунок 3 – Схема вихревого классификатора

Результаты исследований и их обсуждение

Экспериментальные исследования процесса классификации пищевых полидисперсных материалов проводились на измельченном порошке какаоветлы и пшеничной муке.

Эксперименты по классификации какаоветлы в роторном центробежном классификаторе (рисунок 2) проводились при изменении частоты вращения рабочего органа n в пределах от 5 с^{-1} до 50 с^{-1} с шагом $22,5 \text{ с}^{-1}$ и расходах воздуха Q в пределах от $0,012 \text{ м}^3/\text{с}$ до $0,018 \text{ м}^3/\text{с}$ с шагом $0,003 \text{ м}^3/\text{с}$. В таблице 1 представлены характерные размеры частиц, полученных порошков, а на рисунке 4 – дифференциальные кривые распределения частиц мелкой фракции при $Q = 0,018 \text{ м}^3/\text{с}$.

Таблица 1 – Характерные размеры частиц

Характерный размер частиц	Параметры проведения эксперимента $n, \text{ с}^{-1}, Q, \text{ м}^3/\text{с}$								
	$n=5, Q=0,012$	$n=27,5, Q=0,012$	$n=50, Q=0,012$	$n=5, Q=0,015$	$n=50, Q=0,015$	$n=5, Q=0,018$	$n=27,5, Q=0,018$	$n=50, Q=0,018$	
$d_{10}, \text{ мкм}$	17,2	17,2	13,6	9,3	9,3	6,5	6,6	7	
$d_{50}, \text{ мкм}$	136,8	185	94,4	49,2	39,2	20	20,7	24,2	
$d_{90}, \text{ мкм}$	578	740	635,7	169,1	155,1	73	93,7	91,8	

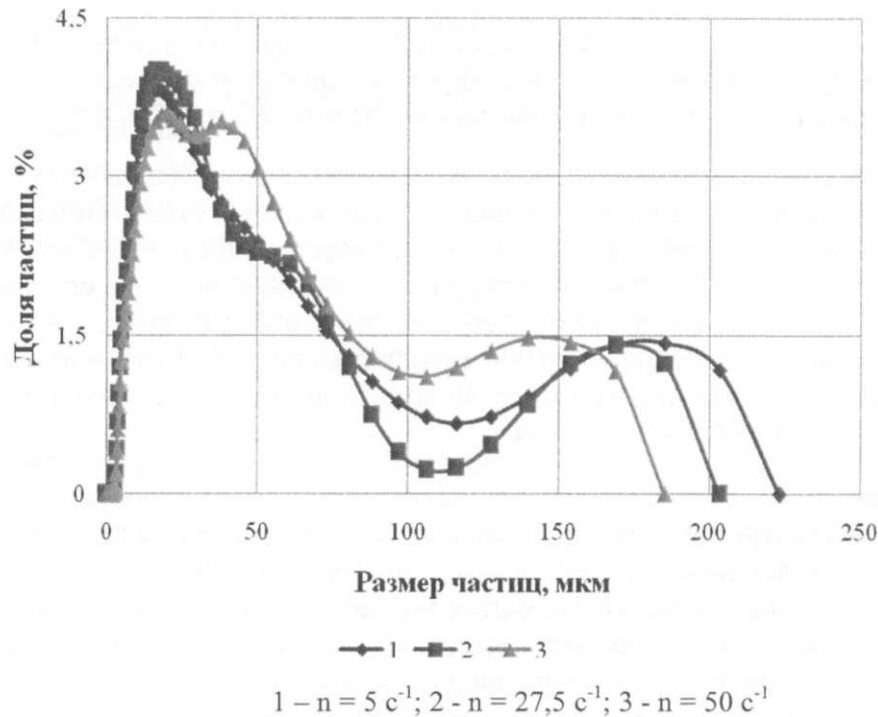


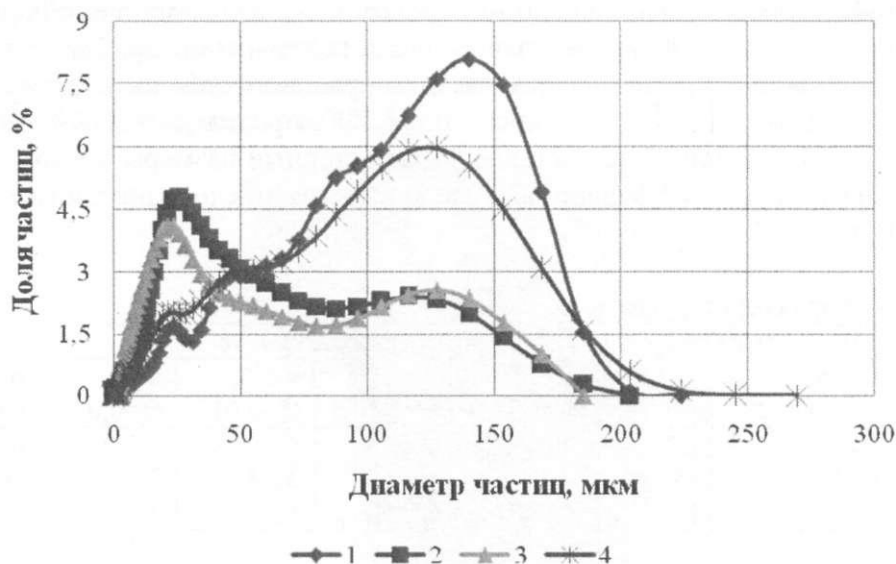
Рисунок 4 – Дифференциальные кривые распределения частиц мелкой фракции при $Q = 0,018 \text{ м}^3/\text{с}$

Из анализа представленных дифференциальных кривых распределения частиц по размерам следует, что при постоянном расходе воздуха с увеличением частоты вращения рабочего органа уменьшается максимальный размер частиц полученной фракции, что обусловлено увеличением центробежной силы.

Для исследования фракционной эффективности вихревого классификатора (рисунок 3) проведены экспериментальные исследования эффективности разделения пшеничной муки при общем расходе газа $Q=0,111 \text{ м}^3/\text{с}$ и относительной высоте установки ступеней $H_2/H_3=40/40, 90/80, 140/120, 190/160 \text{ мм}$, в интервале кратности расхода $k=0,4-0,7$. Экспериментальные данные в виде дифференциальных кривых фракционного разделения представлены на рисунке 5.

Из анализа дифференциальных кривых (рисунок 5) следует, что в результате разделения пшеничной муки в вихревом классификаторе проба материала после первой ступени харак-

теризуется большим содержанием более крупных частиц, чем в пробе исходного материала. При этом доля мелкой фракции уменьшилась.



1 – 1 ступень; 2 – 2 ступень; 3 – 3 ступень; 4 – исходный продукт

Рисунок 5 – Дифференциальные кривые фракционного распределения пшеничной муки при разделении в вихревом классификаторе при $H_2/H_3 = 90/80$, $k = 0,4$ и $Q = 0,111 \text{ м}^3/\text{с}$

Из анализа всего массива полученных экспериментальных данных установлено, что дисперсность материала, в частности медиана, уменьшается по ступеням разделения, при этом удельная поверхность увеличивается. Чем выше эффективность разделения первой ступени, тем меньше разница показаний дисперсного состава проб исходного материала и уловленного в центробежном поле. Также определено, что для пробы, полученной в результате исследований, при соотношении высот $H_2/H_3 = 40/40$ мм на первой ступени при $k=0,4$ среднее значение диаметра улавливаемых частиц 59,48 мкм, при кратности расходов $k=0,6$ соответственно 51,92 мкм, при $k=0,7$ – 46,19 мкм.

Заключение

В результате экспериментальных исследований процесса классификации пищевых материалов на новых установках при различных кинематических, расходных и конструктивных параметров проведения процесса установлено, что при разделении в роторном центробежном классификаторе при постоянном расходе воздуха с увеличением частоты вращения рабочего органа уменьшается максимальный размер частиц полученной фракции. Для вихревого классификатора выявлено, что дисперсность материала уменьшается по ступеням разделения, при этом удельная поверхность увеличивается. Показано, чем выше эффективность разделения первой ступени, тем меньше разница показаний дисперсного состава проб исходного материала и уловленного в центробежном поле.

Литература

- 1 Киркор, М.А. Направления совершенствования аппаратов для классификации пищевых полидисперсных материалов / М.А. Киркор, А.В. Акулич // Техника и технология пищевых производств: тез. докл. IX Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 25-26 апр., 2013 г. / Мог. гос. ун-т прод.; редкол.: А.В. Акулич [и др.]. – Могилев, 2013. – в 2-х ч. – Ч. 1. – С. 14 – 17.
- 2 Бондарев, Р.А. Центробежный роторный классификатор для получения тонкодисперсных порошков / Р.А. Бондарев, М.А. Киркор // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 2 (91). – С. 14.
- 3 Акулич, А.В. Способ вихревой классификации дисперсных материалов / А.В. Акулич, В.М. Лустенков. Заявка на патент Республики Беларусь № а20111551 от 21.11.2011.

Поступила в редакцию 02.06.2013