

менных зависимостей является концепция «накопление-отключение».

#### Литература

1. Водоподготовка. Процессы и аппараты. Под ред. О.И. Мартыновой. М.: Атомиздат, 1977.
2. Минц Д.М. Теоретические основы технологии очистки воды. М.: Стройиздат, 1964.
3. Сандуляк А.В. Магнитно-фильтрационная очистка жидкостей и газов. М.: Химия, 1988.
4. Сандуляк А.В. Очистка жидкостей в магнитном поле. Львов: Вища школа (изд-во при Льв.ун-те), 1984.
5. Сандуляк А.В. Новое в технике и технологии физических методов очистки жидкостей и газов. К.: Вища школа, 1989.
6. Sandullyak A.V., Garaschenko V.I., Yatskov N.V. Separator for Separating Fluid Media from Minute Particles of Impurities. US Patent 4492633, 1985.
7. Сандуляк А.В., Сандуляк А.А., Ершова В.А. Кривая намагничивания гранулированной среды-засыпки с позиций модели поканального намагничивания (новый подход). – Доклады АН, 2007, т. 413, № 4, с. 469-471.

#### **Характерные размеры ферропримесей рабочих сред (по первичным данным гистограмм)**

к.т.н., доц., Сандуляк А.А., Ершова В.А., д.т.н., проф., Сандуляк А.В., Пугачева М.Н.  
*МГТУ «МАМИ»*

Жидкие, газообразные и сыпучие среды многих производств (как отработанные, так и технологические) содержат различного рода примеси, в которых значительной, зачастую доминирующей, является фракция ферропримесей, т.е. примесей, обладающих ферромагнитными (ферримагнитными) свойствами. Как правило, объективными и, к сожалению, трудноустраняемыми источниками таких примесей является износ и коррозия оборудования (усиливаемые механическим, химическим и термическим воздействием на оборудование и находящиеся в нем рабочие среды), процессы измельчения (дробления, размола), последствия ремонта и обслуживания оборудования и пр.

Эти примеси, снижая качество и сортность сред, нарушая их нормативные показатели, загрязняя окружающую среду, продукты питания и пр., являются не только вредным производственным и экологическим фактором. Такие примеси зачастую выступают и весьма опасным производственным и экологическим фактором, способным резко снизить надежность работы оборудования, дестабилизировать производство, вплоть до нарушения условий безопасности и создания чрезвычайных ситуаций [1] (например, выход из строя и аварийная остановка оборудования). К тому же, наряду с нередкими случаями такого рода чрезвычайных ситуаций, наблюдаются также случаи прямого нарушения экологической безопасности продуктов питания и создания угрозы здоровью человека.

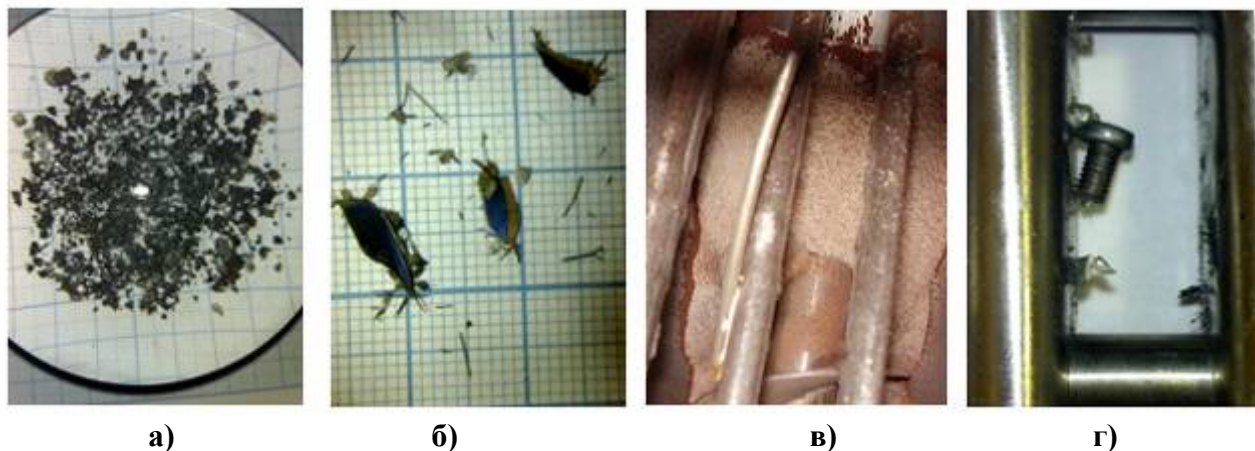
В качестве показательного примера на рис. 1 приведены иллюстрации как вредных (сравнительно мелких, постоянно присутствующих в среде) ферропримесей, так и опасных ферровключений (сравнительно крупных, периодически поступающих в среду). Та и другая «группа» примесей извлечена из специально созданных магнитных сепараторов решетчатого типа, установленных в технологической линии приготовления шоколадной массы.

Одной из их основных характеристик, необходимых для выбора очистного устройства и режимов его работы, является информация о размерах  $\delta$  ферропримесей. Весьма показательны в этом плане соответствующие гистограммы распределения примесей по размерам  $\delta$ . И в подобных случаях обычно приводится графическая информация (в виде гистограмм, точечных диаграмм) о «количественном представительстве» частиц Ni ( $N_i/N$ ) тех или иных размеров  $\delta_i$  (интервала размеров) в общем количестве частиц N.

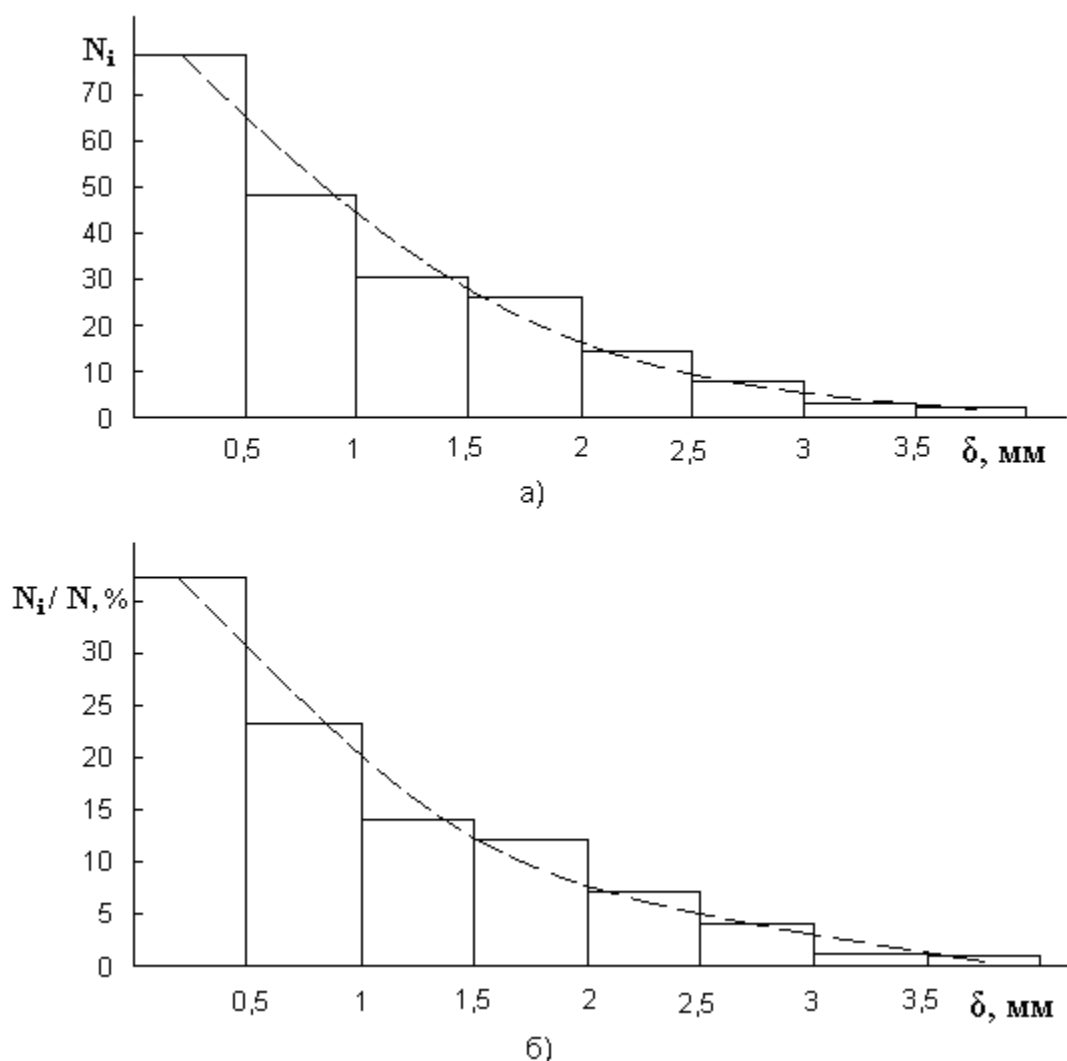
На рис. 2 показаны такие гистограммы применительно к ферропримесям сахара, используемого в технологии производства кондитерских изделий. Видно, что по такому тривиальному параметру, как поинтервальное количество частиц (абсолютное  $N_i$  или относительное  $N_i/N$ ), явно преобладают (до 70%) частицы сравнительно малых размеров – менее 1мм.

Однако такого рода гистограмма (рис. 2), хотя и дает четкое представление о спектре

частиц по размерам и количественном «вкладе» частиц тех или иных размеров в общее количество частиц, тем не менее, недостаточно информативна. Так, она не может столь же наглядно свидетельствовать о том, частицы каких размеров вносят ту или иную долю в общий объем, а стало быть и в общую массу (концентрацию) этих примесей.



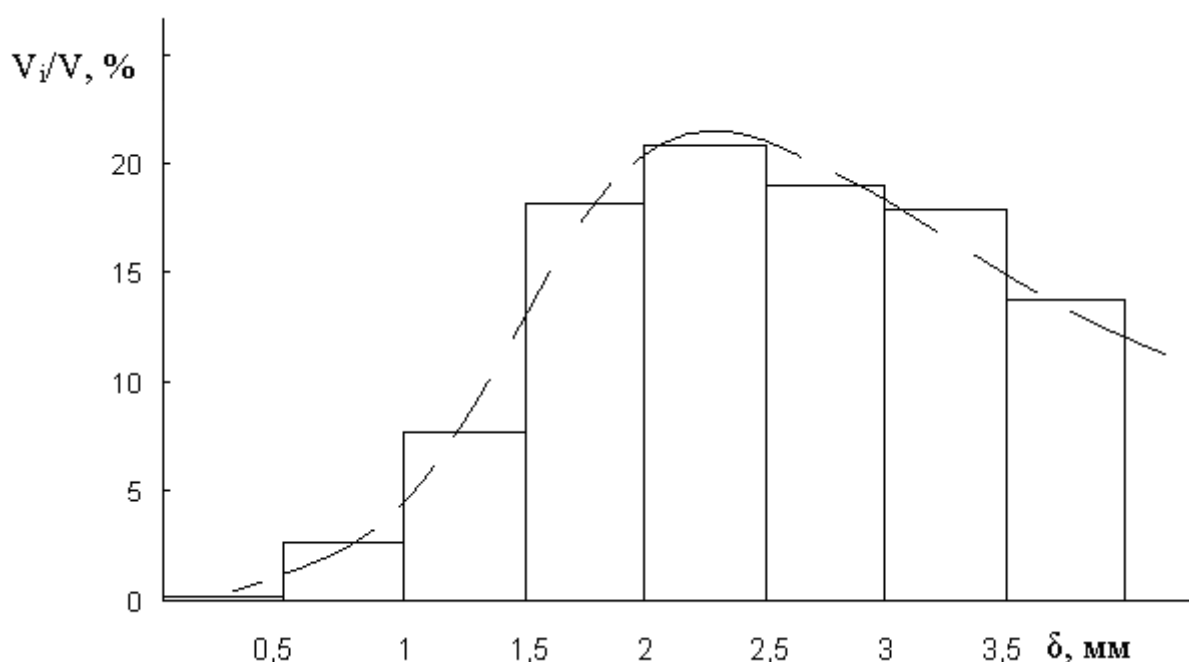
**Рис. 1. Иллюстрация вредных (а) и опасных (б, в, г) ферропримесей пищевых сред кондитерской фабрики: а) в сахаре, используемом для приготовления шоколадной массы, б), в) и г) в сахаре и шоколадной массе – в виде фрагментов ножей (до 1см) и предметов-метизов: гвоздь упаковочного ящика, остатки крепежа.**



**Рис. 2. Гистограмма распределения количества (а) и относительного количества (б) частиц ферропримесей сахара кондитерской фабрики.**

Для получения именно такой информации достаточно воспользоваться первичными данными количественного распределения частиц по размерам (рис. 2). Уподобляя далее феррочастицы, в частности, шарам определенного диаметра  $\delta_i$  (равного абсциссе середины каждого из интервалов гистограммы), следует найти средний объем одной частицы как  $V_1 = \pi\delta_i^3/6$ . Затем, после умножения  $V_1$  на соответствующее количество частиц  $N_i$  (в каждом из этих интервалов), необходимо найти совокупный объем частиц, вошедших в определенный интервал преобразованной гистограммы:  $V_i = N_i\pi\delta_i^3/6$ . А разделив совокупный объем частиц  $V_i$  на общий объем  $V = \sum V_i$  всех частиц, подвергнутых измерению, можно найти их соответствующую объемную (массовую) долю.

На рис. 3 изображена такая преобразованная (полученная по данным рис. 2, но совершенно иная по виду) гистограмма ферропримесей сахара кондитерской фабрики по размерам, которая дает более объективную информацию о «вкладе» тех или иных феррочастиц в общий объем (общую массу и концентрацию) ферропримесей. В частности, видно, что основными «поставщиками» ферропримесей здесь являются частицы размером 1-4мм.



**Рис. 3. Гистограмма распределения относительного поинтервального объема (массы, концентрации) частиц-ферропримесей сахара кондитерской фабрики по размерам.**

Именно такая информация является одной из определяющих при разработке или выборе очистного аппарата с теми или иными конструктивными и режимными параметрами.

#### Вывод

Для определения характерных размеров частиц-примесей рабочих сред (в частности, как одного из ключевых параметров при конструктивно-технологической проработке очистного аппарата) предпочтительно использовать модифицированную гистограмму распределения частиц по размерам, иллюстрирующую долевой «вклад» примесей тех или иных размеров в общий объем (массу, концентрацию) примесей.

#### Литература

1. Сандуляк А.А. Совершенствование режимов и систем магнитной очистки технологических сред для предупреждения чрезвычайных ситуаций при эксплуатации энергетического оборудования. – Автореф. дис. канд. техн. наук. М., 2005.