

УДК 621.928.95

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМА
КОЛЬЦЕВОГО СЛОЯ В АППАРАТАХ ВЗП**

М.Б. САЖИНА, В.А. УГЛОВ

(Российский заочный институт текстильной и легкой промышленности)

Среди материалов, подвергаемых сушке в различных отраслях промышленности, до 80% – дисперсные материалы. Все волокнообразующие полимеры высушиваются в дисперсном состоянии.

Цель исследования заключалась в установлении возможности сушки с одновременным улавливанием в аппаратах со встречными закрученными потоками (ВЗП) (использующихся в последнее время как эффективные безуносные сушилки) дисперсных материалов, относящихся к третьему классу по новой классификации влажных материалов как объектов сушки. За базовый материал при исследовании брали суспензионный поливинилхлорид (ПВХ), применяющийся не только в текстильной, но и в ряде других отраслей промышленности [1,2].

Как показал комплексный анализ [3], суспензионный ПВХ имеет критический размер пор 6 нм и занимает в новой классификационной таблице [4] положение на границе третьего и четвертого классов, что обуславливает необходимую длительность его пребывания в аппарате при сушке во взвешенном слое не менее 10 с [5]. В классическом варианте работы аппаратов ВЗП [4, 6] это осуществить невозможно, так как среднее время пребывания частиц обрабатываемого дисперсного материала в традиционном режиме не превышает 5...6 с [6]. Увеличить время пребывания обрабатываемого материала в аппаратах ВЗП, как

было установлено [4, 6], возможно за счет использования в этих аппаратах нового режима – режима вращающегося кольцевого слоя дисперсного материала.

Нами проведено специальное исследование структуры потоков дисперсных частиц в кольцевом режиме работы аппаратов ВЗП.

По стандартной методике [7] сняты С-кривые отклика на импульсное возмущение на входе в аппарат ВЗП, работающий в режиме вращающегося кольца. Анализ и обработку экспериментальных данных осуществляли статистическим методом, для чего определяли моменты первого и второго порядка, характеризующие среднее время пребывания и дисперсию, по формулам

$$\bar{\tau} = \sum_{i=1}^n \tau C_i / \sum_{i=1}^n C_i, \quad (1)$$

$$\delta^2 = \sum_{i=1}^n \tau^2 C_i / \sum_{i=1}^n C_i - (\bar{\tau})^2. \quad (2)$$

Безразмерную дисперсию рассчитывали по выражению

$$\delta_{\theta}^2 = \delta^2 / \bar{\tau}^2. \quad (3)$$

Число ячеек гидродинамической модели аппарата оценивали по величине δ_{θ}^2 как:

$$n_{я} = 1 / \delta_{\theta}^2. \quad (4)$$

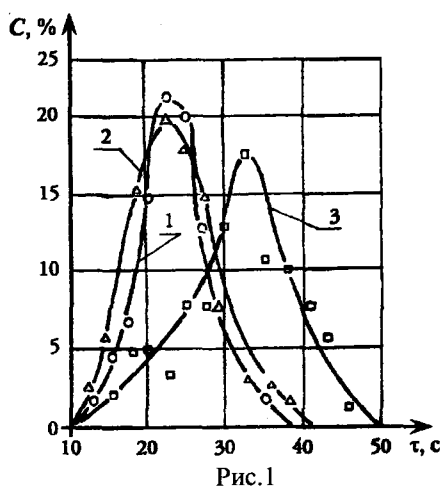


Рис.1

На рис. 1 представлены кривые отклика на импульсное возмущение входного сигнала (кривая 1 соответствует общему расходу газозвеси $L = 0,08 \text{ м}^3/\text{с}$; 2 – $L = 0,09 \text{ м}^3/\text{с}$; 3 – $L = 0,10 \text{ м}^3/\text{с}$). Эти данные свидетельствуют о том, что при соотношении расходов газа по каналам $L_2/L_1 = 1,0$ и увеличении общего расхода газа от $0,08$ до $0,1 \text{ м}^3/\text{с}$ среднее время пребывания материала в аппарате увеличивается с 22 до 31 с . Это в $5...6$ раз больше, чем при традиционных режимах работы аппаратов ВЗП, что вполне достаточно для высушивания ПВХ и других дисперсных материалов с критическим размером пор порядка 6 нм (необходимое время сушки для получения ПВХ 1 сорта с остаточной влажностью $0,1\%$ составляет 15 с).

С целью получения качественного продукта важно не только среднее время пребывания, но и спектр времен пребывания частиц дисперсного материала в аппарате, определяющий равномерность сушки. Следует отметить, что в процессах обработки дисперсных материалов, к которым относится и сушка (в отличие от процессов смешения), необходимо стремиться к получению узкого спектра времен пребывания обрабатываемых частиц в аппарате, то есть к большему значению n_d .

Оценка спектра времен пребывания получена на основе S -кривых отклика, снятых в процессе экспериментов. На рис.2 изображена обобщенная S -кривая отклика

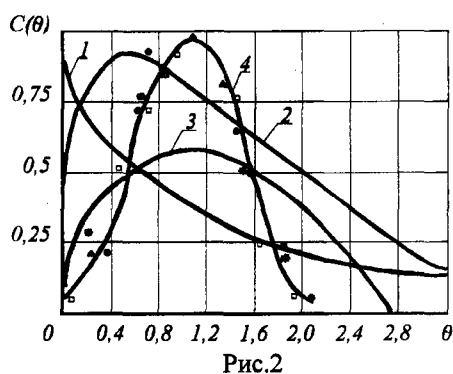


Рис.2

для аппарата СВЗП в режиме вращающегося кольца при разных расходах L (\square – $0,12 \text{ м}^3/\text{с}$; Δ – $0,10 \text{ м}^3/\text{с}$; \bullet – $0,09 \text{ м}^3/\text{с}$; $*$ – $0,08 \text{ м}^3/\text{с}$) в безразмерных координатах (кривая 4) в сопоставлении с кривыми отклика аппарата ВЗП, работающего в традиционном режиме (без образования кольца) (кривая 3), аппарата кипящего слоя (КС) (кривая 2) и аппарата идеального смешения (кривая 1). Эти данные показывают, что число условных ячеек n_d , характеризующих гидродинамическую обстановку в аппарате, составляет для КС $1,5...2$, для аппарата ВЗП в обычном режиме $3...4$, а для СВЗП в режиме кольцевого слоя $6...8$.

Полученные оценки параметра гидродинамической структуры потоков в аппарате свидетельствуют о возможности реализации более равномерной сушки дисперсных материалов в режиме вращающегося кольца по сравнению с обычным режимом аппарата ВЗП и тем более по сравнению с аппаратами КС. Именно этим объясняется возможность получения ПВХ 1 сорта при его сушке в режиме кольцевого слоя, в то время как в сушилках КС не удастся получить ПВХ выше 2 сорта.

В сушилках ВЗП сушка и сепарация готового продукта из сушильного агента осуществляются одновременно. Исследование процесса улавливания высушенных во вращающемся кольце дисперсных частиц проводили на основе численных экспериментов. В ходе опытов варьировали дисперсный состав продукта, расходы газовой фазы по каналам и их соотношение.

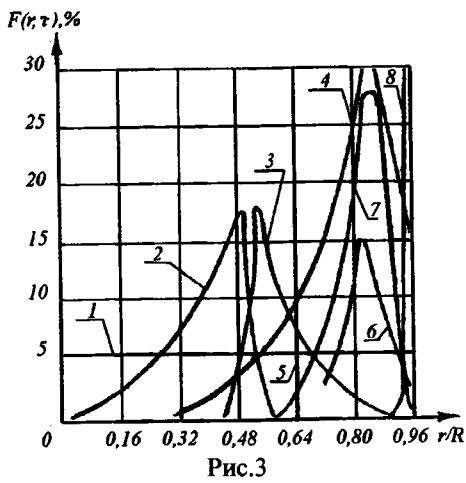


Рис.3

Результатом численных экспериментов явились функции распределения частиц заданного размера по радиусу r и высоте F аппарата, представленные на рис.3 (кривая 1 соответствует $\bar{\tau}=0$; 2 – $\bar{\tau}=0,3$; 3 – $\bar{\tau}=0,5$; 4 – $\bar{\tau}=0,6$; 5 – $\bar{\tau}=0,8$; 6 – $\bar{\tau}=0,9$; 7 – $\bar{\tau}=1,0$; 8 – $\bar{\tau}=1,1$; $\bar{\tau} = \tau/\tau_{cp}$). По этим данным в соответствии с разработанным численным алгоритмом [8] определялась зависимость эффективности сепарации твердых частиц в СВЗП от гидродинамического режима при $L=0,12 \text{ м}^3/\text{с}$ (рис.4, где кривая 1 соответствует $L_2/L_1=1,8$; 2 – $L_2/L_1=1,5$; 3 – $L_2/L_1=1,1$; 4 – $L_2/L_1=0,8$).

В качестве закона распределения твердых частиц на входе в рабочую часть сушильной камеры принималось их нормальное распределение в кольцевом зазоре, соответствующем геометрическим размерам кольцевого слоя. Закон распределения случайных воздействий на твердые частицы моделировался также нормальным распределением с параметрами $N(0,2)$. Сопоставление представленных на рис.3 и 4 результатов численных экспериментов для сушилки СВЗП-150 с результатами исследований эффективности работы сепаратора ВЗП-150 [6] свидетельствует об их удовлетворительном согласовании (расхождение не превышает 12 %).

Для выявления оптимального диапазона соотношений расходов газа по каналам L_2/L_1 , определяющих гидродинамический режим работы аппаратов ВЗП, проведен комплексный анализ характеристик вращающегося кольца дисперсного материала.

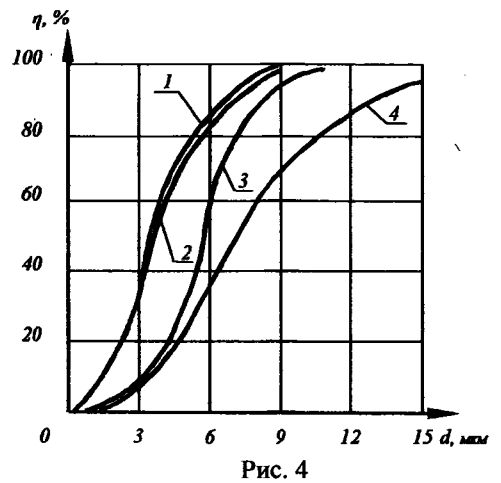
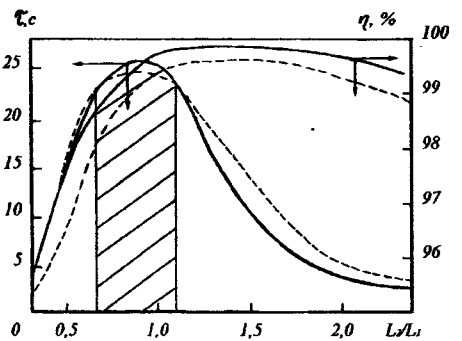
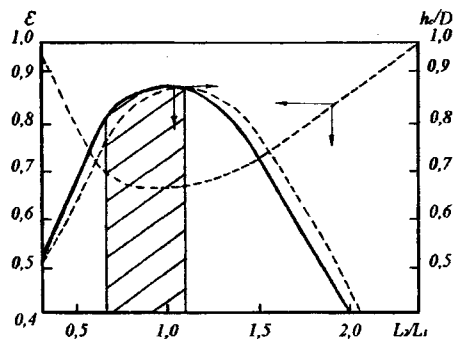


Рис. 4

ла. На рис.5 представлены полученные зависимости: а) времени пребывания и эффективности улавливания дисперсных частиц; б) порозности и относительной высоты кольцевого слоя от гидродинамических параметров СВЗП (— — эксперимент; - - - - расчет).



а)



б)

Рис. 5

Результаты эксперимента показали, что можно выделить три области существования режима кольцевого слоя. Наиболее благоприятной рабочей областью, обозначенной на рис.5 (а,б) штриховкой, является

диапазон соотношений расходов газовой фазы по каналам $L_2/L_1=0,7...1,1$. В этой области частицы дисперсного материала движутся равномерно по кольцевым траекториям без пульсаций по осевой координате, высота слоя наибольшая – (0,7...0,85)D аппарата, порозность наименьшая – 0,6...0,7. В рассматриваемой области достигается максимальная удерживающая способность и соответственно наибольшее среднее время пребывания материала в аппарате (порядка 25 с), что в сочетании с узким спектром времен пребывания дисперсных частиц в аппарате обеспечивает хорошую равномерность сушки и получение высококачественного кондиционного продукта.

Заметим, несмотря на то, что (как и следовало ожидать) локальные оптимумы по сепарации и сушке (с точки зрения удерживающей способности и времени пребывания) не совпадают (рис.5-а), в выделенном рациональном диапазоне соотношении потоков газозвеси $L_2/L_1=0,7...1,1$ достигается очень высокая степень сепарации частиц (порядка 99 %).

Таким образом, экспериментальное исследование структуры потоков безуносных сушилок ВЗП позволило выявить рациональную область гидродинамических параметров процесса, обеспечивающих эффективную сушку дисперсных продуктов группы ПВХ, а также получить количественные оценки параметров разработанных ранее математических моделей [9].

ВЫВОДЫ

1. Определен оптимальный диапазон соотношения потоков газозвеси по каналам аппарата со встречными закрученными потоками (0,7...1,1), обеспечивающий устойчивую работу в режиме вращающегося кольца дисперсного материала.

2. Установлено, что время пребывания материала в аппарате при работе в режиме кольца в 5...6 раз больше, чем в традиционных режимах, что обеспечивает высушивание тонкопористых материалов типа суспензионного ПВХ с критическими размерами пор порядка 6 нм.

3. Определены основные характеристики вращающегося кольца (относительные геометрические размеры, порозность слоя).

4. Показано, что в диапазоне соотношения потоков по каналам 0,7...1,1 достигается хорошая степень улавливания, обеспечивающая возможность безуносной сушки дисперсных волокнообразующих полимеров типа ПВХ в режиме вращающегося кольца.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сажин Б.С. Основы техники сушки.– М.: Химия, 1984.
2. Сажин Б.С., Реутский В.А. Сушка и промывка текстильных материалов.– М.: Легпромбыт-издат, 1990.
3. Сажина М.Б. и др. Изучение свойств продуктов как объектов сушки / МКХТ-98. – М., 1998.
4. Сажин В.Б., Сажина М.Б. Сушка в закрученных потоках.– М., 2001.
5. Сажин Б.С., Сажин В.Б. Научные основы техники сушки.– М.:Наука, 1997.
6. Сажин Б.С., Гудим Л.И. Вихревые пылеуловители.–М.: Химия, 1987.
7. Расчет аппаратов кипящего слоя / Под ред. И.П. Мухленова. – М.: Химия, 1987.
8. Углов В.А., Сажина М.Б., Булеков А.П. Алгоритм расчета характеристик аппаратов ВЗП / Деп. в 000 "Легпроминформ", № 3976-ЛП.– М., 2000.
9. Углов В.А., Сажина М.Б., Булеков А.П. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2001, №1. С. 93... 96.

Рекомендована кафедрой теплотехники. Поступила 14.02.02.