

Я. С. Мухтаров, Р. Ш. Суфиянов, В.А. Лашков

АНАЛИЗ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ОСАДКОВ

*Ключевые слова: влагосодержание, механическое обезвоживание, сушка, оптимизация.**Проведен анализ затрат на проведение механического отделения жидкой фазы и сушки влажного материала на основе сквозного оптимизирующего параметра.**Keywords: moisture, mechanical dewatering, drying, optimization.**The analysis of the costs of the mechanical separation of the liquid phase and the drying of the wet material on the basis of through optimizing parameter.*

Современные химические предприятия состоят из большого числа взаимосвязанных подсистем, между которыми существуют отношения подчиненности в виде иерархической структуры. Каждый типовой процесс, осуществляемый в отдельном аппарате химико-технологического комплекса, рассматривается как подсистема, имеющая входы и выходы. Основу следующей ступени иерархии составляют агрегаты, т.е. взаимосвязанная совокупность отдельных типовых процессов и аппаратов, осуществляющая рекуперацию материальных и энергетических ресурсов. Последовательное сочленение аппаратов дает возможность рассматривать их как единую систему, точку приложения управляющих воздействий к которой следует искать во всех объектах этой системы. Характер функциональных связей в значительной степени зависит от типа аппаратов и особенностей их работы и оценивается, в конечном счете, по технико-экономическому критерию.

Тенденции развития техники, связанной с удалением жидкостей связаны с разработкой новых решений, основанных на совмещении отдельных стадий процесса и конструированием комбинированных аппаратов. В литературе достаточно широко представлены примеры такого рода: удаление и улавливание растворителей понижением давления [1-3], комбинированные сушилки для трудносохнущих материалов, в которых на различных стадиях осуществляется сушка при разных гидродинамических режимах [4], сушка с измельчением и грануляцией [5], объединение в общий комплекс дозирующих устройств, сушильного оборудования и пылеуловителей [6] и т.д.

При проведении процесса отделения жидкой фазы от осадка, осуществляемого в условиях производства с различными целями, наиболее эффективным является применение двухстадийного «обезвоживания», включающего механическое отделение жидкости и сушку влажного осадка. В связи с тем, что оба используемых процесса являются достаточно энергоемкими, то проблема определения оптимальных условий проведения процессов с целью снижения энергетических затрат, является актуальной и представляет интерес для исследований.

Влагосодержание твердой фазы, с одной стороны, зависимо и чувствительно к изменениям конструктивных и режимных параметров аппаратов системы, а с другой – влияет на качественные пока-

затели конечного продукта и экономические характеристики функционирования системы. С учетом этих обстоятельств возможно базирование критерия эффективности расчетов системы на указанном сквозном оптимизирующем параметре – влагосодержании (W).

На рис. 1 представлена функциональная схема процесса отделения жидкой фазы от осадка.

Задачей оптимизации (при прочих равных условиях для конкурирующих вариантов) является выражение критерия эффективности (R), как функции от влагосодержания продукта. В этом случае оптимальные значения переходных влагосодержаний W^* и W^{**} определяют экстремум целевой функции [7]

$$R = \text{extr } R(W_{\text{opt}}^*, W_{\text{opt}}^{**}). \quad (1)$$

В качестве примера рассмотрим процесс удаления жидкой фазы из тонкодисперсной суспензии в химико-технологической системе аппаратов «фильтрующая центрифуга – аппарат предварительной сушки – аппарат досушки». В качестве критерия

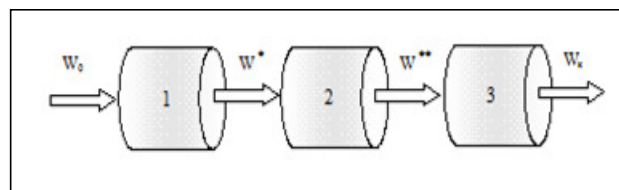


Рис. 1 - Функциональная схема отделения жидкой фазы: 1 - аппарат механического обезвоживания, 2 - аппарат предварительной сушки, 3 - аппарат досушки; W_0 - влагосодержание на входе в систему, W^* - влагосодержание на выходе из 1-го аппарата, W^{} - влагосодержание на выходе из 2-го аппарата, W_k - влагосодержание на выходе из системы**

эффективности примем величину удельных приведенных затрат R , [руб/кг], которую необходимо минимизировать.

На рис. 2 представлены условные зависимости затрат на процесс удаления жидкой фазы из

влажного материала различными аппаратами, рас-

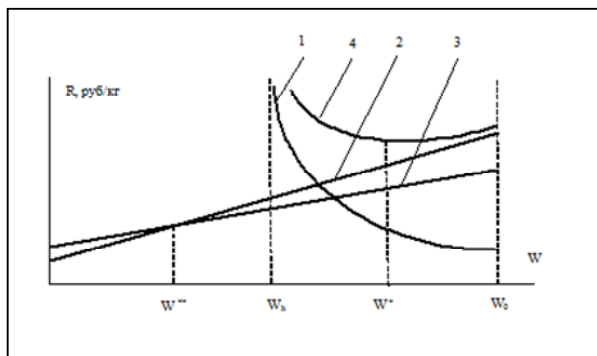


Рис. 2 - Графики зависимости удельных приведенных затрат удаления жидкой фазы от материала в зависимости от применяемого оборудования: 1 – центрифуга; 2 – аппарат предварительной сушки; 3 – аппарат досушки; 4 – центрифуга + аппарат досушки

смотренные в работах [8, 9].

Анализ графиков показывает, что зависимость величины удельных приведенных затрат на проведение процесса отделения жидкой фазы от материала центрифугированием $R_{ц}$ нелинейна и круто возрастает по мере приближения к некоторому значению W_h – влагосодержанию материала, ниже которого при данных условиях проведения процесса (при данном факторе разделения) удаление жидкой фазы центрифугированием становится невозможным.

Затраты на проведение процесса отделения жидкой фазы с помощью сушильных аппаратов линейно снижаются по мере уменьшения влагосодержания. Рассмотрение суммарной зависимости затрат удаления влаги на комплексе аппаратов (центрифуга + аппарат досушки) показывает, что существует четко выраженный минимум, что позволяет сделать вывод о возможности определения оптимальных параметров функционирования комплекса «центрифуга – сушилка», при которых можно достичь требуемого технологией влагосодержания при минимально-возможных затратах.

С точки зрения снижения затрат на проведение процесса обезвоживания в целом целесообразно исходную суспензию или высоковлажный материал обрабатывать на центрифуге до достижения некоторой величины влагосодержания W^* , а затем передавать на досушку в сушилку.

Сушка в аппарате должна проводиться до влагосодержания, соответствующего пересечению прямых 2 и 3 – достижения второго переходного влагосодержания W^{**} и, так как в интервале влагосодержаний $[W^{**}, W_k]$ удельные затраты на отделение жидкой фазы на аппаратах предварительной сушки ($R_{пс}$) больше аналогичных затрат, чем в аппарате досушки ($R_{ад}$), то материал необходимо направлять, во второй аппарат в котором обрабатывать

его до конечного влагосодержания W_k .

Из анализа зависимостей вытекает, что указанная организация процесса является экономически наиболее эффективной, поэтому переходные влагосодержания W^* и W^{**} являются оптимальными и решение задачи оптимального расчета сводится к определению экстремума целевой функции по формуле (1).

Для исходных реальных материалов с различными свойствами приведенная диаграмма может иметь различный вид. Для ряда образцов, вполне вероятно, что линии 2 и 3 могут не пересекаться и в этом случае будет вполне достаточно, если после механического отделения жидкой фазы, дальнейшее удаление жидкости проводить только в одном из сушилок (аппарате предварительной сушки или в аппарате досушки).

Для упрощения анализа введем следующие обозначения: 1 – аппарат механического обезвоживания; 2 – аппарат с жестким режимом сушки; 3 – аппарат с мягким режимом сушки (аппарат досушки). Рассмотрим возможные варианты компоновки комплекса аппаратов удаления жидкой фазы из суспензий и высоковлажных дисперсных материалов [3]:

- 1) 1 – 2 – 3; 2) 1 – 2; 3) 1 – 3; 4) 2 – 3; 5) 1 – 3 – 2.

Первый вариант компоновки системы (рис.2) предполагает «классическую» последовательность соединения аппаратов. Исходный продукт – высоковлажный (суспензия), конечное влагосодержание его низкое, твердая фаза – термолабильна. Примером таких продуктов служат химфармпрепараты.

Вариант компоновки 2: обработка высоковлажной дисперсной фазы или суспензии. Конечное влагосодержание продукта требуется сохранять высоким, в процессе сушки удаляется свободная влага. К промышленным материалам подобного рода можно отнести суспензии полимерных материалов – полиэтилена, полиамида, полипропилена.

В системе аппаратов третьего варианта компоновки обрабатываются суспензии и высоковлажные материалы, твердая фаза которых после влаготжима должна быть обработана без интенсивного теплового воздействия в «мягком» тепловом режиме. Это также суспензия химфармпрепаратов.

При четвертом варианте компоновки системы аппаратов количество свободной влаги ограничено и применение механического отжима нецелесообразно, обезвоживание протекает в аппаратах сушки.

Пятый вариант построения комплекса предполагает, что продукт, обезвоженный в аппарате механического отжима, обладает какими-то специфическими характеристиками, препятствующими обработке его в аппарате с активным гидродинамическим режимом.

Таким образом, в зависимости от характеристик исходной суспензии, а также дисперсионной и дисперсной фаз, существующих условий производства, наличия имеющегося оборудования, фи-

нансовых возможностей предприятия, в немалой степени – от сложившихся традиций отрасли, компоновка системы аппаратов может быть весьма различной. Конкуренция при выборе систем аппаратов для любого исходного продукта возможна как между различными вариантами альтернативных технологических систем, так и в пределах одной схемы при варьировании параметров функционирования аппаратов, в ней содержащихся.

Выбор оптимальной технологической схемы производится путем экономико-математического анализа процессов, протекающих в комплексах альтернативных технологических схем и, как ясно из вышеизложенного, в принципе заключается в определении W_{opt}^* , W_{opt}^{**} на основе экономико-математического анализа.

Экономико-математический анализ, в свою очередь, опирается на математические описания процессов, протекающих в аппаратах систем. При этом аппараты назначаются в комплексы либо из имеющихся на предприятии в наличии, либо закупаются типовые установки. Однако первоначальной и важнейшей задачей выработки методики оптимального расчета систем является разработка основных принципов расчета таких систем, как инструмента экономико-математического анализа функционирования аппаратов, в них содержащихся.

Литература

1. В.А. Лашков, С.Г. Кондрашева, *Вестн. Казан. технол. ун-та*, 20, 122-129 (2011).
2. В.А. Лашков, С.Г. Кондрашева, *Вестн. Казан. технол. ун-та*, 16, 210-215 (2011).
3. В.А. Лашков, С.Г. Кондрашева, Д.А. Казанцева, *Вестник Казанского технологического университета. Вестн. Казан. технол. ун-та*, 8, 135-143 (2011).
4. Б.С. Сажин, *Основы техники сушки*. Химия, Москва, 1984. 320 с.
5. И.М. Разумов, *Псевдооживление и пневмотранспорт сыпучих материалов*. Химия, Москва, 1972. 239 с.
6. К.Г. Руденко, М.М. Шамаханов, *Обезвоживание и пылеулавливание*. Недра, Москва, 1981. 350 с.
7. Л.Г. Голубев, Я.С. Мухтаров, Л.Н. Герке, *Международная научная конференция «Математические методы в технике и технологиях (ММТТ-10)»* (Тула, 4-6 июня, 1996). Сб. трудов. Тула, 1996. Т.10. С.145.
8. Л.Г. Голубев, Я.С. Мухтаров, *V Всесоюзная научная конференция «Математическое моделирование сложных химико-технологических систем»* (Казань, 1988). Сб. трудов. Казань, 1988. С. 108.
9. С.Г. Кондрашева, В.А. Лашков, Л.Г. Голубев, Я.С. Мухтаров, *Международный форум по проблемам науки, техники и образования «III тысячелетие – новый мир»* (Москва, 4-7 декабря 2007). Сб. трудов, Москва, 2007. Т. 2. С. 55-57.

© Я. С. Мухтаров – д.т.н., проф. каф. машиноведения КНИТУ; Р. Ш. Суфиянов – к.т.н., доц. Московского госуд. машиностроительного ун-та; В. А. Лашков – д.т.н., проф., зав. каф. машиноведения КНИТУ, lashkov_dm@kstu.ru.