

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

МЕТОДОЛОГИЯ РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОТДЕЛЕНИЯ ЖИДКОЙ ФАЗЫ ИЗ СУСПЕНЗИЙ И ВЫСОКОВЛАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ*Ключевые слова: методология расчета, оптимизация процесса обезвоживания.**Рассмотрены методологические вопросы оптимизации комплекса аппаратов обезвоживания осадков на основе экономико-математического анализа.**Keywords: methodology, optimization of the dewatering process.**The methodological problems of optimizing complex dewatering devices based on economic and mathematical analysis.*

На ряде производств целевой продукт, выходящий из реакционной зоны, разбавлен жидкой фазой, т.е. представляет собой суспензию или высоковлажный дисперсный материал. Для удаления жидкой фазы из таких продуктов применяются различные виды механической и тепловой обработки. Весьма эффективной и широко распространенной в промышленности является двухстадийная обработка, заключающаяся в предварительном механическом обезвоживании исходного материала с последующей сушкой, причем удаление части свободной влаги может быть произведено в аппарате предварительной сушки с активным гидродинамическим режимом, а окончательное обезвоживание – в аппарате досушки. Таким образом, речь идет о некотором комплексе аппаратов удаления жидкой фазы из суспензий и высоковлажных дисперсных материалов, который с точки зрения системного анализа может быть квалифицирован как химико-технологическая система (ХТС).

По определению ХТС [1], элементы системы функционально связаны между собой, следовательно, достичь экономически наиболее эффективной работы комплекса возможно лишь при анализе функционирования системы в целом.

Разработка методики расчета комплекса аппаратов удаления жидкой фазы должна базироваться на системном подходе, развитом для химической промышленности трудами школы академика В.В. Кафарова.

Результаты анализа систем технологических процессов с жидкой фазой, протекающих при понижении давления парогазовой среды [2], с позиций системного анализа, приводятся авторами в работе [3]. Представленная структура обобщенной математической модели позволила установить, что изменение внешних условий в сепарационном пространстве над слоем материала, вызванное взаимодействием аппаратов химико-технологического комплекса, определяет механизм возврата системы в равновесное состояние. С этих позиций были исследованы процессы сушки высоковлажных материалов (суспензий и коллоидных растворов) «сбросом» давления [4].

Однако в различных отраслях промышленности широко применяются технологии обезвоживания материалов в комплексе аппаратов с использованием поля центробежных сил и удаления влаги

испарением. Анализ литературных источников, рассматривающих процесс обезвоживания путем совместного функционирования аппаратов механического обезвоживания и сушки, показывает незначительность количества публикаций, в том числе, рассматривающих проблему в экономическом аспекте.

Исторически сложившаяся разобщенность научных направлений и школ механического обезвоживания и сушки препятствовала всестороннему и комплексному экономико-математическому анализу при совмещении этих процессов. Из работ отечественных исследователей можно выделить работу [5], а среди публикаций зарубежных исследователей наибольший интерес представляют работы [6, 7], в которых проведен анализ экономической эффективности комплекса аппаратов удаления жидкой фазы.

В данных работах получено несколько выводов, послуживших предпосылками к развитию дальнейших исследований:

- взаимосвязь параметров процессов механического обезвоживания и сушки, и возможность их изменения в широких диапазонах обуславливают высокую эффективность оптимизации процесса обезвоживания;

- параметры процесса могут быть оптимизированы на основе учета экономических показателей;

- оптимальные режимы элементов системы могут не совпадать с оптимальным режимом функционирования системы в целом (необходимо исследование суммарной характеристики системы).

Таким образом, разработка методики расчета комплекса аппаратов удаления жидкой фазы из суспензий и высоковлажных дисперсных материалов, базирующаяся на системном подходе и определяющая экономически наиболее рациональные параметры режимы функционирования комплекса в целом, позволяет рассчитать оптимальные конструктивные и режимные параметры элементов системы представляется весьма актуальной.

С учетом этого, в первую очередь, необходимо разработать методологическую основу оптимального расчета систем аппаратов удаления жидкой фазы из суспензий и высоковлажных дисперсных материалов и инструментария экономико-математического анализа системы.

Экономико-математическое исследование

химико-технологических процессов должно базироваться на математическом описании этих процессов, достаточно точно и подробно их описывающих, удобных для применения в практическом плане. В случае отсутствия таких математических моделей или их сложности для практического применения необходима разработка моделей, базирующихся на иных формальных основаниях или точных прикладных методиках расчета элементов систем.

В случае использования не апробированных математических моделей и методик расчета необходима их идентификация. Для этой цели производится наработка экспериментального материала и проверка моделей на адекватность. Экспериментальные исследования необходимы также для получения опытных данных, входящих в качестве параметров в расчетные зависимости, уяснения природы процессов, протекающих в аппаратах.

Помимо развития теоретической базы и экспериментальных исследований важнейшим условием повышения эффективности производства является разработка аппаратурного оформления процессов удаления жидкой фазы. Внедрение высокоэффективных аппаратов механического обезвоживания и сушки в промышленность, проведенное на основе научного подхода, может позволить резко интенсифицировать производственные процессы.

Как было отмечено выше, в научно-технической литературе практически отсутствуют работы, посвященные исследованиям совместных процессов механического удаления жидкой фазы, сушки суспензий и материалов, содержащих большое количество жидкой фазы, проведенные с экономической точки зрения.

С данных позиций представляет интерес рассмотрение широко распространенных в промышленности систем аппаратов удаления жидкой фазы, содержащих два и более элементов, а также сложные химико-технологические системы, включающие в себя, помимо других технологических установок, два и более таких аппаратов, при этом в последнем случае, рассмотрению будет подлежать та часть сложной ХТС, которая заключена между первым аппаратом удаления жидкой фазы и последним.

Необходимо отметить, что существует много методов оптимального расчета, но наилучшие результаты приносят методы, учитывающие специфику протекания процессов в аппаратах системы. Следовательно, для определения принципов оптимального расчета систем удаления жидкой фазы необходимо проанализировать работу, как аппаратов системы, так и всей системы, в целом.

Структура систем, содержащих аппараты удаления жидкой фазы из суспензий и высоковлажных материалов, может быть различной, в зависимости от свойств исходного, промежуточного и конечного продукта. Большое влияние на состав системы оказывает и выбор типов аппарата механического обезвоживания и сушильного оборудования.

Рассмотрим химико-технологическую систему, включающую конечное множество аппаратов удаления жидкой фазы, устойчиво функционирующих в установившемся режиме. При этом аппараты

взаимодействуют между собой посредством конечного множества потоков. Свойства каждого технологического потока характеризуются множеством параметров состояния, взаимосвязь между аппаратами системы и внешней средой описывается уравнениями функциональных связей. Рассмотрим функционирование системы с позиций системного анализа, обозначая аппараты, входящие в комплекс, как технологические элементы.

Система может содержать, в зависимости от требований, предъявляемых к процессу, помимо аппаратов удаления жидкой фазы и другие установки (аппараты размола, смешения, классификации и др.). Связь между элементами системы при этом может быть самой различной: последовательной, параллельной, с байпасом, рециклом и пр. Однако при любом варианте компоновки системы из технологической схемы можно выделить наличествующие в ней аппараты удаления жидкой фазы, расположенные, как правило, последовательно. При этом аппарат механического обезвоживания как технологический оператор представляет собой оператор разделения, а сушилок – операторы массообмена. Приняв, что функционально сушильные аппараты также представить как операторы разделения. В общем виде систему аппаратов удаления жидкой фазы представим в виде следующей операторной схемы

В данной схеме аппараты удаления жидкой фазы приняты за основные, остальные аппараты не

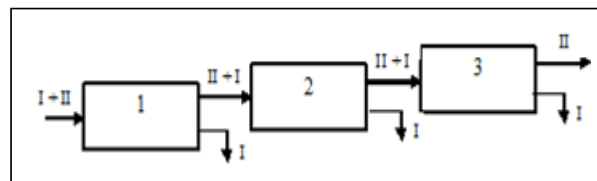


Рис. - Схема химико-технологической системы аппаратов удаления жидкой фазы: 1, 2, 3 – аппараты; I – жидкая фаза, II – твердая фаза

рассматриваются, как не играющие роль при анализе системы. В этом случае операторная схема позволяет свести многообразие возможных технологических связей к одной общей – последовательной: исходный продукт поступает в аппарат 1, где происходит механический отжим жидкой фазы I, которая выводится из аппарата, а влажная твердая фаза (I + II) поступает в следующий аппарат 2, где удаление жидкой фазы I продолжается уже тепловым способом. При необходимости может быть подключен аппарат досушки 3.

Выходящий из одного элемента химико-технологической системы поток является входящим для другого элемента системы и сведение структуры системы к приведенному виду позволяет, сохраняя достаточную точность значительно упростить анализ системы для определения оптимальных параметров работы комплекса, используемого для удаления жидкой фазы из суспензий и (или) высоковлажных материалов, в том числе с применением экономико-математического анализа затрат.

Литература

1. В.В. Кафаров, В.Л. Перов, В.П. Мешалкин, *Принципы математического моделирования химико-технологических систем (Введение в системотехнику химических производств)*. Химия. Москва, 1974. 344 с.
2. В.А. Лашков, С.Г. Кондрашева, *Вестн. Казан. технол. ун-та*, 16, 210-215 (2011).
3. В.А. Лашков, С.Г. Кондрашева, *Вестн. Казан. технол. ун-та*, 20, 122-129 (2011).
4. V.A. Lashkov, E.I. Levashko, R.G. Safin, *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, **79**, 3, 539-546 (2006).
5. А.Н. Плановский, В.В. Муштаев, В.М. Ульянов, *Сушка дисперсных материалов в химической промышленности*. Химия, Москва, 1979. 288 с.
6. W. Bender, F. Meier, *Chem. Ind. Tech.*, 44, 8, 562-569 (1952).
7. G. Florin, W. Lose, *Auslegung und Gestaltung kombinierte Haufwerke*. – *Escher Wiss. Mitt*, **42**, 2, 32-33 (1962).

© **Я. С. Мухтаров** – д.т.н., проф. каф. машиноведения КНИТУ; **Р. Ш. Суфиянов** – к.т.н., доц. Московского государственного машиностроительного университета (МАМИ), **В. А. Лашков** – д.т.н., проф., зав. каф. машиноведения КНИТУ, lashkov_dm@kstu.ru.