

Интенсификация процесса сушки жидкой послеспиртовой барды в аппарате с кипящим слоем инертных тел

А.Н. Пахомов, Н.С. Сорокина, А.В. Баландина

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов

Аннотация: В статье представлено описание возможных подходов для интенсификации процесса сушки жидкой послеспиртовой барды в аппаратах с кипящим слоем инертных тел. Дано описание некоторых неоднородностей, возникающих при исследовании процесса сушки в кипящем слое. Показана возможность интенсификации процесса сушки за счет определенной организации взаимодействия потока сушильного агента и частиц инерта.

Ключевые слова: инерт, барда, сушка, аппарат, форма, кинетика, интенсификация, слой, поток, направление, неоднородность.

Жидкая послеспиртовая барда является продуктом, утилизация которого является законодательно необходимой для любого спиртового предприятия (Федеральный закон от 21 июля 2005 года N 102-ФЗ с дополнением от декабря 2007 г). Как правило, на заводах с производительностью более 3000 дал/сут., реализуется схема утилизации жидкой барды с использованием центрифуг, выпарных установок и сушилок (это т.н. классическая схема известная с 30-х годов 20 века). Сухая барда получается в виде порошка или гранул и должна удовлетворять ГОСТ Р 53098-2008 «Барда кормовая. Технические условия». У классической схемы имеются свои достоинства и недостатки. Основным недостатком является высокое удельное энергопотребление и необходимость частой остановки оборудования на очистку.

Существует практика применения для утилизации жидкой барды различных схем с использованием различных сушилок [1, 8]. Как показывают наши исследования, эффективность применения традиционных распылительных сушилок или сушилок с кипящим слоем инертных тел для утилизации жидкой послеспиртовой барды, ограничивается

производительностью завода в 2-3 тыс. дал/сут [2, 6, 8]. В основном это связано с особенностями механизма и кинетики сушки непосредственно жидкой барды, представляющей собой весьма сложную дисперсную систему [3 - 5].

Для возможности применения на производстве мощностью более 3000 дал/сут только сушилок, для утилизации жидкой послеспиртовой барды, необходим поиск решений, направленный на повышение интенсивности процесса сушки с получением продукта заданного качества. В результате наших исследований основным аппаратом для сушки непосредственно жидкой барды был выбран аппарат с кипящим слоем инертных тел.

На сегодняшний день основными путями повышения интенсивности процесса сушки в кипящем слое инертных тел являются:

- поиск/разработка оригинальных по форме и свойствам инертных тел
- внесение внутрь кипящего слоя определенного механического воздействия (перемешивание, вибрация и т.п.)
- организация определенных траекторий взаимодействия частиц инерта, высушиваемого материала и потока сушильного агента.

Например, на опытном производстве ОАО завод "Пигмент" (г. Тамбов) с целью улучшения отслаивания высушиваемого материала с поверхности инертного носителя внутри частицы инертного носителя устанавливался термобиметаллический элемент. Наши испытания подобного элемента показали достаточно высокую степень скола высушиваемого продукта с поверхности частицы, однако очевидным недостатком этого способа является его дороговизна и сложность изготовления частиц инерта [1, 7, 8].

Установка внутрь кипящего слоя различного рода перемешивающих устройств [1, 4] интенсифицирует процесс сушки, однако существенно повышает удельное энергопотребление. Также наличие контакта

перемешивающих устройств с частицами инерта, ускоряет процесс износа как частиц инерта так и лопаток и валов мешалок.

Наиболее привлекательным путем повышения интенсивности процесса сушки в аппаратах с кипящим слоем инерта является организация определенных траекторий взаимодействия частиц инерта, высушиваемого материала и потока сушильного агента [3, 7, 8].

Исходя из представлений о тепло-массообмене потока сушильного агента и высыхающего на поверхности инертной частицы жидкого дисперсного продукта, можно утверждать, что движение инерта по определенным траекториям с повышенными скоростями будет приводить к локальному увеличению коэффициентов теплообмена [4, 9 - 11]. Поэтому нами, в качестве основной цели исследования ставилась задача выяснения влияния способов организации взаимодействия потока сушильного агента и частиц инерта на механизм и кинетику процесса сушки, с целью возможного повышения интенсивности процесса и как следствие увеличение производительности аппарата. На начальном этапе определялось влияние формы аппарата.

Исходя из литературно-патентного обзора существующих форм аппаратов и их особенностей и предлагая собственные формы, нами в рамках разработки экспериментальной установки для исследования процесса сушки во взвешенном состоянии на инерте были исследованы различные формы корпуса сушилки и соотношения геометрических размеров аппарата.

Цилиндрические колонки изготавливались широкими ($H/D < 1$), высокими ($H/D > 10$) и нормальными ($1 < H/D < 10$). Конические колонки имели угол у вершины от 30 до 90°. Цилиндро-сферические колонки изготавливались широкими ($H/D < 1$), высокими ($H/D > 10$) и нормальными ($1 < H/D < 10$) с высотой сферической части равной радиусу аппарата. Исходя из проведенных исследований, диаметр колонок варьировался от 80 до 150 мм.

Основной проблемой в нашем исследовании была сложность контроля температуры слоя и сушильного агента в различных точках слоя. В основном это происходило из-за того, что: во-первых, частицы инерта соударяясь со спаем «незащищенной» термопары приводили к его значительной эрозии, во-вторых, учитывая используемый диаметр колонок слоя (от 100 до 250мм), внесение в слой посторонних макроскопических объектов приводило к формированию определенных неоднородностей слоя, что влияло на качественные показатели процесса [9].

Нами наблюдалось формирование значительных неоднородностей слоя в виде каналообразования (при установке «защищенных» термопар в районе газораспределительной решетки) и пузыреобразование в районе установки «защищенных» термопар [2, 8].

Необходимо отметить, что для аппаратов значительного диаметра подобный эффект должен быть незначительным.

Как показали наши исследования, уменьшение неоднородностей слоя и повышение производительности аппарата заданной формы сильно зависит от способа, места и направления подачи сушильного агента (при фиксированной температуре).

Было обнаружено, что максимальная производительность при сушке жидкой барды в аппарате с конической формой сушильной колонки достигается при подаче двух потоков сушильного агента в слой: один под газораспределительную решетку, второй - тангенциально на определенном расстоянии от решетки.

Характер влияния направления потока на средний размер полученных сухих частиц послеспиртовой барды представлен на рис. 1.

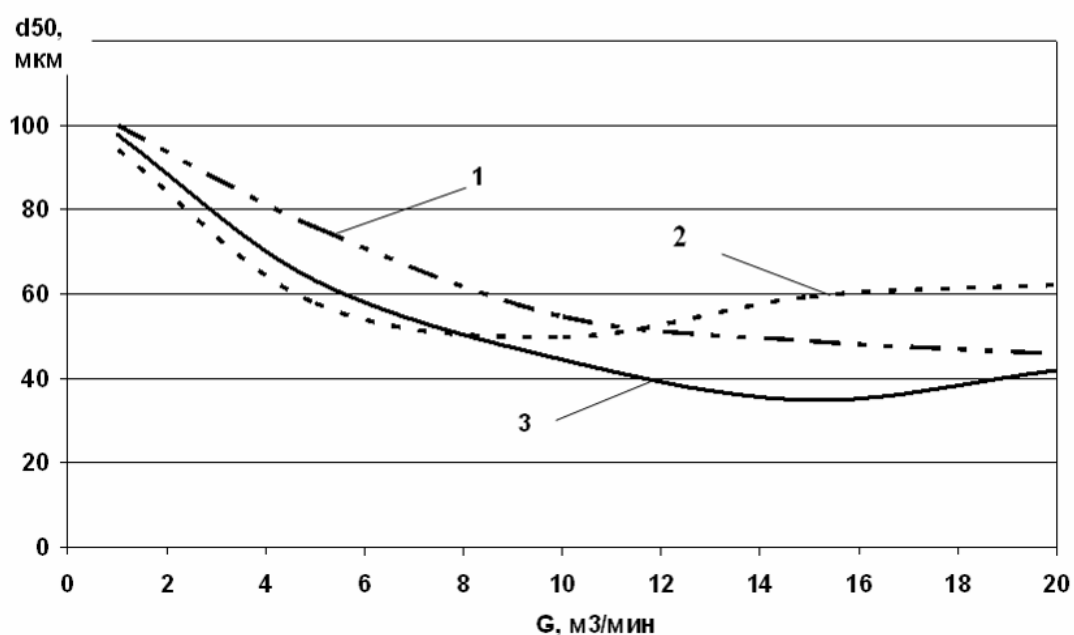


Рис. 1. – Влияние направления потоков сушильного агента на средний размер высушиваемых частиц

(1 – весь поток идет под решетку, 2 – поток разделяется на два равных по расходу и направлен навстречу друг другу, 3 – поток разделен на два (30/70 по объемному расходу): под решетку и тангенциально)

Таким образом, поиск определенных схем взаимодействия потоков сушильного агента, частиц инертных тел и высушиваемого материала является весьма перспективным, с точки зрения интенсификации процесса сушки жидкой послеспиртовой барды в аппаратах с кипящим слоем инертных тел.

Литература

1. Гатапова, Н.Ц. Кинетика и моделирование процессов сушки растворителей, покрытий, дисперсий, растворов и волокнистых материалов: единый подход: дис. ... д-ра техн. наук: 05.17.08: защищена 10.06.2005 /Гатапова Наталья Цибиковна. Тамбов, 2005. 554 с.

2. Pakhomov A.N. Method of determination of adhesion of the film dries distillery grains on the substrate / R.Y. Banin, E.A. Chernikh, E.Y. Loviagina, N.S. Sorokina // Applied and Fundamental Studies : Proceedings of the 5th International Academic Conference. - St. Louis, USA: Publishing House Science and Innovation Center, 2014. - pp. 71-72.

3. Пахомов, А.Н. Возможности самоорганизации дисперсных систем при сушке на подложке / А.Н. Пахомов, Ю.В. Пахомова, Е.А. Ильин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2012. Т. 18, №3. - С.633 – 637.

4. Пахомов, А.Н. Возможности повышения энергоэффективности утилизации жидкой послеспиртовой барды/ А.Н. Пахомов, Е.А. Ильин, А.В. Баландина, Л.А. Козлова, Е.А. Хатунцева//Наука в центральной России. 2013. № 5S. С. 14-17.

5. Пахомова, Ю.В. Особенности механизма и кинетики сушки капель дисперсий (на примере сушки послеспиртовой барды) / Ю.В. Пахомова, В.И. Коновалов, А.Н. Пахомов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2011. Т. 17, № 1. С. 70–82.

6. Пахомова, Ю.В. Оценка качества готового продукта при сушке жидких дисперсных веществ / Ю.В. Пахомова, В.И. Коновалов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2011. № 2(33). С. 407–412.

7. Konovalov V.I. Modeling of drying of dispersed systems held on solid supports / V.I. Konovalov, A.N. Pakhomov, N.Z. Gatapova, T. Kudra // Proc. of 4th Minsk International Heat and Mass Transfer Forum (MIF'2000). - Minsk, Belarus: ITMO, 22-26 May, 2000. С. Vol. 9, Pp. 20-29.

8. Пахомова, Ю.В. Кинетика сушки капель жидких дисперсий на диффузионно-непроницаемых подложках: дис. ... канд. техн. наук: 05.17.08:

защищена 23.12.2011: утв. 23.12.2012 /Пахомова Юлия Владимировна. – Тамбов, 2011. 283 с.

9. Пахомов А.Н. Типы кинетических кривых, получаемых при сушке капель жидких дисперсных продуктов/А.Н. Пахомов, Ю.В. Пахомова// Химическая технология. 2014, №10. С. 620-623.

10. Савушкин, А.В. Электроаэрозольное увлажнение воздуха. Особенности подбора параметров работы генератора / А.В. Савушкин, П.Л. Лекомцев, Е.В. Дресвянникова, А.М. Ниязов// Инженерный вестник Дона, 2012, № 2. URL:ivdon.ru/magazine/archive/n2y2012/857

11. Богомягих, В.А. К определению условного диаметра реальной частицы дискретного сыпучего тела / В.А. Богомягих, А.Л. Климович, А.С. Ляшенко // Инженерный вестник Дона, 2014, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2014/2468

References

1. Gatapova, N.S. Kinetika i modelirovanie processov sushki rastvoritelej, pokrytij, dispersij, rastvorov i voloknistyh materialov: edinyj podhod: dis. ... d-ra tehn. nauk: 05.17.08: zashhishhena 10.06.2005 /Gatapova Natal'ja Cibikovna. – Tambov, 2005. 554 p.

2. A.N. Pakhomov, R.Y. Banin, E.A. Chernikh, E.Y. Loviagina, N.S. Sorokina Applied and Fundamental Studies : Proceedings of the 5th International Academic Conference. St. Louis, USA: Publishing House Science and Innovation Center, 2014. pp. 71-72.

3. A.N. Pahomov, Ju.V. Pahomova, E.A. Ilin Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. 2012. V. 18, №3. pp.633 – 637.

4. A.N. Pahomov, E.A. Ilin, A.V. Balandina, L.A. Kozlova, E.A. Hatunceva Nauka v central'noj Rossii. 2013. - № 5S. pp. 14-17.



5. Ju.V. Pahomova, V.I. Konovalov, A.N. Pahomov Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. 2011. V. 17, № 1. pp. 70–82.
6. Ju.V. Pahomova, V.I. Konovalov Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo. 2011. № 2(33). pp. 407–412.
7. V.I. Konovalov, A.N. Pakhomov, N.Z. Gatapova, T. Kudra Proceedings. of 4th Minsk International Heat and Mass Transfer Forum (MIF'2000). Minsk, Belarus: ITMO, 22-26 May, 2000. S. Vol. 9, pp. 20-29.
8. Pahomova, Ju.V. Kinetika sushki kapel' zhidkih dispersij na diffuzionno-nepronicaemyh podlozhkah: dis. ... kand. tehn. nauk: 05.17.08: zashhishhena 23.12.2011 : utv. 23.12.2012 /Pahomova Julija Vladimirovna. – Tambov, 2011. 283 p.
9. A.N. Pahomov, Ju.V. Pahomova Himicheskaja tehnologija. 2014. №10. pp. 620-623.
10. Savushkin A.V., Lekomtsev P.L., Dresvyannikova E.V., Niyazov A.M. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2012, № 2, URL: ivdon.ru/magazine/archive/n2y2012/857
11. Bogomyagkikh V.A., Klimovich A.L., Lyashenko A.S. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2014, №3, URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2014/2468