

БРЫЗГОУНОС В РОТОРНОМ ГАЗОПРОМЫВАТЕЛЕ

Сорокопуд А.Ф., Нечаева Е.С.

ФГБОУ ВПО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности», Кемерово, Россия (650056, г. Кемерово, б-р Строителей 47), e-mail: elenanechaeva@lenta.ru

Очистка промышленных газов от пыли пищевых продуктов является актуальной проблемой в ряде отраслей пищевой промышленности и перерабатывающих отраслях АПК. Например, потери сухого молока в сушильных установках типа ВРА - 4, RS – 1000, предусмотренные техническим паспортом, составляют 4% от производительности сушилки, но могут достигать и значительно больших величин. Кроме экологической и санитарно-гигиенической эта проблема имеет существенную экономическую значимость – теряются десятки тонн готового продукта, что отражается на рентабельности и размерах прибыли предприятий. В статье приведены результаты исследований брызгоуноса в роторном газопромывателе в зависимости от диаметра распыливающих отверстий, скоростей жидкости и газа, физико-химических характеристик рабочей жидкости.

Ключевые слова: брызгоунос, скорость газа и жидкости, диаметр распыливающих отверстий, плотность, вязкость и поверхностное натяжение жидкости.

ABLATION OF DROPS IN THE ROTOR GAS WASHER

Sorokopud A.F., Nechaeva E.S.

FGBOU VPO "The Kemerovo institute of technology of the food industry", Kemerovo, Russia (650056, Kemerovo, Stroiteley Blvd. 47), e-mail: elenanechaeva@lenta.ru

Purification of industrial gases of a dust of foodstuff is an actual problem in a number of branches of the food industry and agrarian and industrial complex processing industries. For example, losses of powdered milk in drying VRA installations - 4, RS – 1000, provided by technical data sheet, make 4% of dryer productivity, but can reach and considerably big sizes. Except ecological and sanitary and hygienic this problem has the essential economic importance – tens tons of a ready-made product that is reflected in profitability and the sizes of profit of the enterprises are lost. Results of researches ablation of drops are given in the rotor gas washer in dependence on diameter the raspylivayushchikh of openings, speeds of liquid and gas, physical and chemical characteristics of working liquid in article.

Keywords: ablation of drops, gas and liquid speed, diameter raspylivayushchikh of openings, density, viscosity and superficial tension of liquid.

Введение

Ряд технологических процессов в пищевой промышленности сопровождается выделениями пыли (сушка молока и молочных продуктов, дрожжей, транспортирование различных сыпучих материалов и т. д.), которые попадают в атмосферу в виде мелкодисперсных частиц. Выброс пыли обуславливает взрыво- и пожароопасность, а также снижает рентабельность производства, приводит к ухудшению условий труда и наносит ущерб окружающей среде. Очистка промышленных газов от пылей и аэрозолей имеет глобальное значение в решении проблемы охраны окружающей среды.

Оснащение систем очистки газов от пыли пищевых продуктов аппаратами «мокрой» пылеочистки роторного типа с внутренней циркуляцией и самоорошением позволит снизить потери продукта без существенного роста его себестоимости [2].

Основным фактором, определяющим верхнюю предельную нагрузку по газу в аппаратах «мокрого» типа, является величина брызгоуноса, представляемая обычно относитель-

ной величиной: кг унесенной жидкости на кг газа прошедшего через аппарат за одно и то же время. В данной работе брызгоунос исследовался в роторном газопромывателе диаметром 0,25 м, при диаметре диспергирующего устройства 0,075 м. Конструкция аппарата представлена на рис. 1 [1]. Аппарат содержит вал 1, подшипниковую опору 2, сепаратор 3, крыльчатку-сепаратор 4, корпус 5, транспортирующий цилиндр 6 с насосным устройством 14, вокруг которого соосно установлен направляющий цилиндр с сеткой для отделения нерастворившихся частиц уловленной пыли 12. В нижней части аппарата установлен бункер 11 с гидрозатвором 9 и патрубком удаления шлама 10. На корпусе установлен патрубок ввода орошающей жидкости 13.

Очищаемый газ по патрубку, тангенциально установленному к цилиндрическому корпусу 5, вводится в аппарат, в результате возникает центробежная сила, действующая на взвешенные частицы. Очищаемый газ прижимается к поверхности жидкости, залитой в бункер 11. Частицы, находящиеся в газовом потоке, соприкасаясь с поверхностью жидкости, смачиваются и оседают на дно бункера 11.

Приобретенное закрученное движение очищаемый газ сохраняет по всей высоте аппарата, поскольку движется вслед за распыляемой транспортирующим цилиндром жидкостью, захватывается крыльчаткой-сепаратором 4, а в сепараторе 3 проходит по лабиринтным каналам, образованным отбойными элементами. Сохраняя закрученное движение, газ выходит из сепаратора - 3 и прижимается к стенке в верхней части корпуса 5 и выводится по тангенциально установленному к корпусу 5 патрубку. Такое движение газового потока обеспечивает невысокое гидравлическое сопротивление при его прохождении через аппарат.

Рабочая жидкость заливается в необходимом количестве в бункер 11, с помощью насосного устройства 14 непрерывно подается в транспортирующий цилиндр 6, в верхней части которого расположены в распыливающие отверстия. При диспергировании жидкости транспортирующим цилиндром 6 образуется слой струй и капель, достигнув пластинок пристенного каплеотбойника и стенки корпуса 5, капли ударяются о них, в результате появляются вторичные капли, а на стенке корпуса 5 и пластинках образуется пленка турбулизованной жидкости. Пленка жидкости стекает по корпусу 5 в бункер 11.

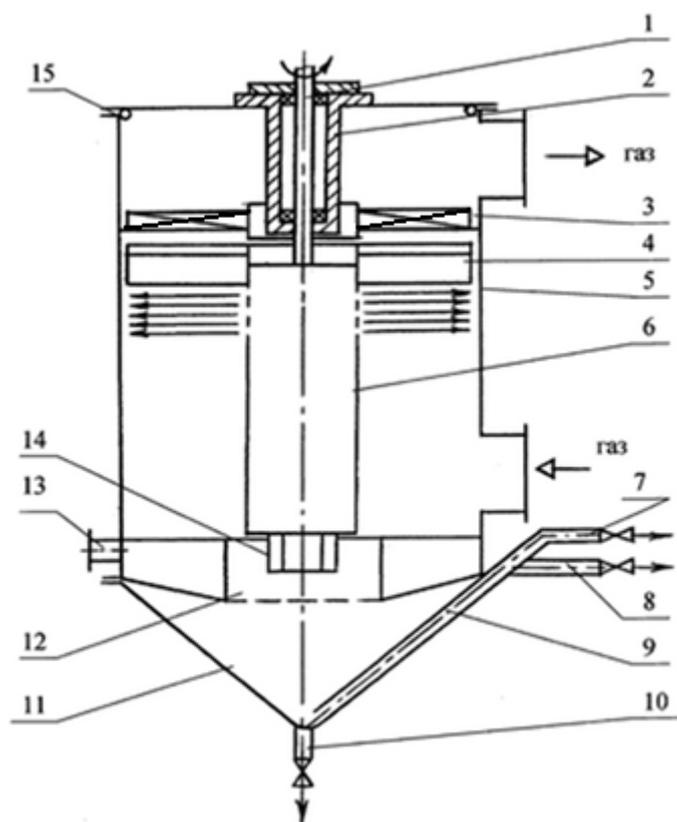


Рисунок 1 – Роторный газопромыватель

Пристенный каплеотбойник представляет собой вертикально установленные пластины размещенные по высоте факела распыла. Пластины изготовлены из нержавеющей стали и устанавливаются под углом 15° - 20° к касательной, проведенной к окружности распылителя, с шагом в 2 раза большим их ширины. В связи с этим капли факела ударяются касательно о поверхность пластин, происходит скольжение капель и перемешивание пленки жидкости на них.

В транспортирующем цилиндре отверстия располагаются в шахматном порядке, количество рядов отверстий составляет 6 с шагом $t_{oc}=t_{ок}=2,5d_0$. Диаметр отверстий $d_0=1,4 \dots 2,5$ мм. Скорость газа в аппарате изменялась в пределах $U_{ап} = 1 \dots 4$ м/с; частота вращения распылителя задавалась из условий его устойчивой работы - $n = 800 \dots 1000$ об/мин, что обеспечивало скорость истечения жидкости в пределах $U_{ж} = 3,14 \dots 4$ м/с. Все детали аппарата, соприкасающиеся с газом и жидкостью, выполнены из нержавеющей марок стали или специальных пластмасс.

Эксперимент проводился на системе воздух-вода при температуре $18 \dots 20^{\circ}\text{C}$.

В качестве модельных использованы пыли: сухого молока, лактозы, сахара. В целях экономии дорогостоящих пылевидных продуктов на первом этапе использовали угольную пыль марки К – коксующийся.

Физико-химические характеристики рабочих жидкостей таблица 1 (плотность, $\rho_{ж}$, кг/м³; вязкость, $\mu_{ж} \cdot 10^3$, Па*с; поверхностное натяжение, $\sigma_{ж} \cdot 10^3$, Н/м) замерены в процессе работы аппарата с использованием методов, получивших широкое распространение в экспериментальных исследованиях: ρ – пикнометрическим; μ - с помощью капиллярного вискозиметра ВПЖ – 3; σ – академика Ребиндера.

Физико-химические характеристики рабочих жидкостей. Таблица 1

Вид пыли	$\rho_{ж}$	$\mu_{ж} \cdot 10^3$	$\sigma_{ж} \cdot 10^3$
	кг/м ³	Па*с	Н/м
Уголь	1008	1,34	68,53
Сухое молоко	1028	1,95	64,75
Лактоза	1030	2,01	68,61
Сахар	1007	1,2	73,1

Угольная пыль является нерастворимой в воде, остальные пыли растворимы, но обладают различными физико-химическими свойствами.

При диспергировании жидкости перфорированным цилиндром в свободном пространстве аппарата образуется газо-жидкостная система, параметры которой изменяются по радиусу аппарата. При взаимодействии диспергированных капель и газа, капли изменяют свою скорость и траекторию движения, при этом происходит как разрушение капель, так и образование новых [3]. Гидродинамическая обстановка в факеле отличается сложностью.

Проанализировав данные по гидродинамике факела распыла жидкости и гидродинамику удара капель о преграду, авторы [3] установили основные источники брызгоуноса:

1. мелкодисперсные капли, унесенные потоком газа из факела распыленной жидкости;
2. мелкодисперсные капли, образовавшиеся при взаимодействии капель факела между собой;
3. мелкодисперсные капли, образовавшиеся при взаимодействии капель факела и вторичных капель между собой;
4. вторичные капли, образовавшиеся при ударе капель факела о пластинки пристенного каплеотбойника.

Аналитические и экспериментальные исследования позволили установить, что наиболее значимыми являются 1 и 3 источники, а 2 и 4 источниками можно пренебречь [3].

Количество унесенной из аппарата жидкости определяли сепарационным методом, основанном на использовании каплеуловителя. Конструкция, которого представляет собой емкость с отбойной пластиной, установленный поперек воздушного потока. Сепаратор устанавливался на выходном газоходе газопромывателя.

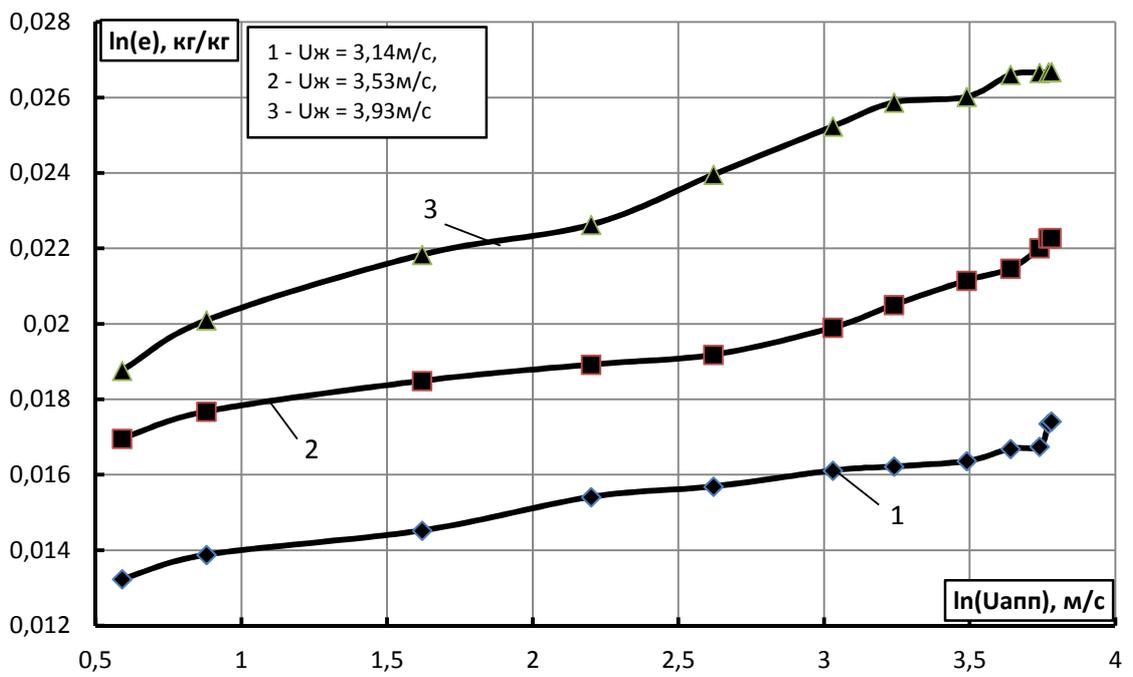


Рисунок 2 Зависимость брызгуноса от скорости газа в аппарате ($d_0 = 1,4$ мм).

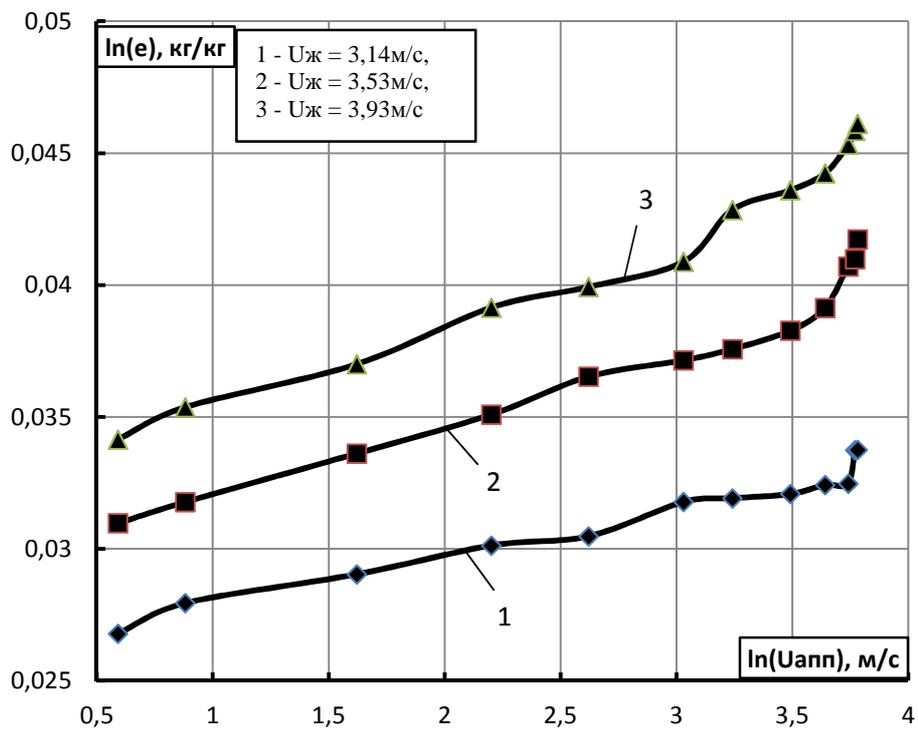


Рисунок 3 Зависимость брызгуноса от скорости газа в аппарате ($d_0 = 2,5$ мм).

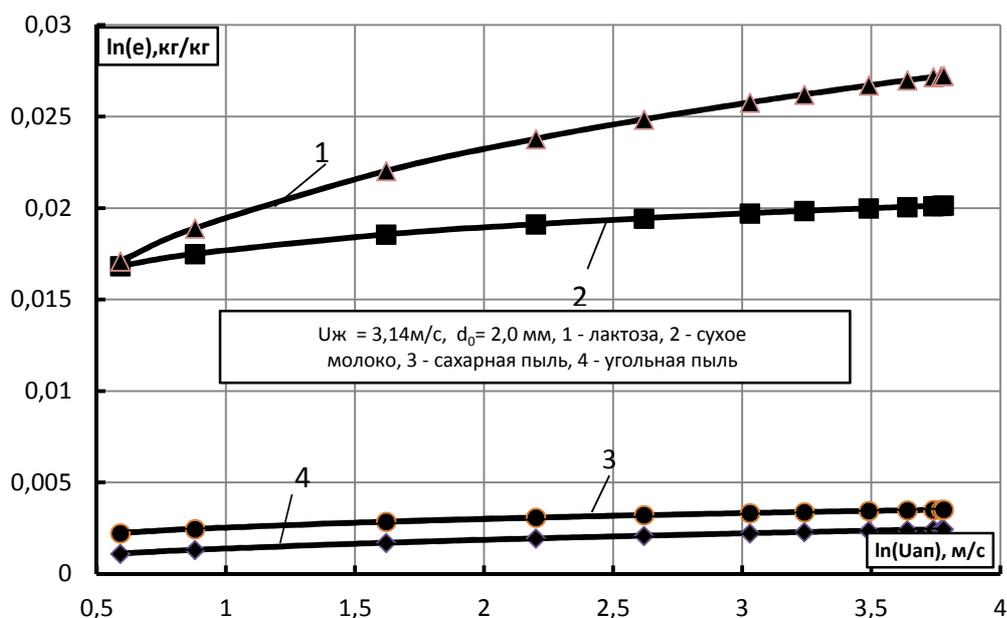


Рисунок 4 Зависимость брызгоуноса от скорости газа в аппарате при запылении.

Из графиков (рис. 2- 4) следует, что при увеличении скорости жидкости (при увеличении частоты вращения распылителя) брызгоунос возрастает. Это объясняется более интенсивным взаимодействием капель факела с пленкой на поверхности пластин пристенного каплеотбойника и возрастанием производительности диспергирующих отверстий. Оба обстоятельства приводят к увеличению количества мелкодисперсных капель подверженных уносу потоком газа.

Данные на рис.4 характеризуют влияние физико-химических характеристик рабочей жидкости на брызгоунос. При улавливании угольной пыли брызгоунос минимальный, поскольку она не растворима в воде, а изменение физико-химических характеристик воды ведет к снижению брызгоуноса за счет увеличения плотности и вязкости (см. табл. 1).

Во всем исследованном диапазоне относительный брызгоунос не превышает 0,05 кг/кг, что вполне допустимо[5].

Обработка экспериментальных данных позволила получить обобщенное выражение:

$$e = 0,2451 \cdot 10^{-6} \cdot d_0^{2,07} \cdot U_{ж}^{1,60} \cdot U_{г}^{0,24} \cdot \mu_{ж}^{-0,61} \cdot \rho_{ж}^{-20,36} \cdot \sigma^{-2,13}, \text{ кг/кг}; \quad (1)$$

для которого $R^2 = 0,94$, коэффициент корреляции.

Выражение (1) может быть использовано для оценочных расчетов при выборе конструктивных, режимных и физико-химических характеристик.

Сопоставляя данные полученные в настоящей работе с [4], где исследован другой каплеотбойник при больших скоростях жидкости, можно сделать выводы: в исследованном

аппарате скорость газа может быть увеличена, применение нового каплеотбойника [4], позволит снизить брызгоунос.

Полученные данные позволяют рекомендовать низкие частоты вращения диспергирующего устройства ($n=800$ и 900 об/мин) с точки зрения снижения брызгоуноса и повышения эксплуатационной надежности аппарата.

Список литературы

1. Пат. 229610 Российская Федерация, МПК В 01 D 47/16 / Роторный пылеотделитель / А.Ф. Сорокопуд, и др.; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности» (Ru). – № 95109057/25; заявл. 02.06.1995; опубл. 27.04.1998.
2. Сорокопуд А.Ф., Даниленко М.И. Максимов С.А. Техничко-экономические предпосылки выбора рационального пылеуловителя // Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья. 2002. №10. – с. 62-64.
3. Сорокопуд А.Ф. и др. Исследование брызгоуноса в роторном распылительном аппарате. ТОХТ, том 35, №3, 2001.-с. 321-326.
4. Сорокопуд А.Ф., Стрижков Д.С., Козымаев В.С. Исследование работы нового контактного элемента роторного распылительного аппарата// Техника и технология пищевых производств №4(27), 2012. – с. 65 – 68.
5. Сугак Е.В. и др. Очистка газовых выбросов в аппаратах с интенсивными гидродинамическими режимами. – Казань; РИЦ «Школа», 1999. – 224с.

Рецензенты:

Петрик П.Т., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Энергосберегающие процессы в химической и нефтегазовой технологиях», ФГБОУ ВПО «Кузбасский государственный технический университет», г. Кемерово;

Лобасенко Б.А., д.т.н., профессор кафедры «Процессы и аппараты пищевых производств» ФГБОУ ВПО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности» г. Кемерово.