



УДК 541.183

Р.Г. Сафиуллин – кандидат технических наук, доцент

Тел.: (843) 238-39-93, e-mail: safiullin_rinat@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРИСТЫХ ВРАЩАЮЩИХСЯ РАСПЫЛИТЕЛЕЙ (ПВР), РАЗРАБОТАННЫХ ДЛЯ УВЛАЖНИТЕЛЕЙ ВОЗДУХА

АННОТАЦИЯ

Представлены экспериментальные данные об эффективности работы ПВР с загрязненной водой, их дисперсных характеристиках и затратах энергии на распыливание.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: пористый вращающийся распылитель, эффективность очистки, дисперсность распыла.

R.G. Safiullin – candidate of technical sciences, associate professor

Tel.: (843) (843) 238-39-93, e-mail: safiullin_rinat@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUA)

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF POROUS ROTARY ATOMIZERS (PRA) DESIGNED FOR AIR HUMIDIFIERS

ABSTRACT

Experimental data showing PRA's effectiveness with contaminated water, their dispersion characteristics and atomizing energy consumption are presented.

KEYWORDS: porous rotary atomizer, effectiveness clearings, mist dispersion.

В цехах предприятий бумажного, табачного, кожевенного производства, в типографиях и теплицах по условиям технологического процесса относительная влажность воздуха должна быть не ниже 60÷75 %. Дефицит влаги в холодный период здесь может достигать 10 г/кг воздуха и более, что требует устройства промышленных увлажнителей воздуха высокой производительности. В ряде случаев вместо централизованной системы целесообразно использовать один или несколько автономных распылительных аппаратов большой производительности, проводя местное доувлажнение воздуха в помещении. Такие конструкции очень удобны при текущих изменениях расположения рабочих мест или зон складирования продукции, а также в помещениях малой площади.

В работе [1] предложено несколько эффективных конструкций увлажнителей воздуха распылительного типа, в которых удельная поверхность взаимодействия 1 м³ воды и воздуха может достигать 20000 м² и более. Такая величина межфазовой поверхности достигается за счет мелкодисперсного распыления воды, проводимого с помощью ПВР из абразивного материала. Выбор распылителя для увлажнителей основывается на известных качествах ПВР, выделяющих их из широкого ряда подобных устройств [2]. Главное из них – практически монодисперсное распыливание. При этом производительность одного распылителя

может регулироваться за счет изменения скорости вращения и подачи жидкости в широких пределах от 0,1 до 1000 л/ч без изменения качества распыла. ПВР на основе абразивов к тому же отличаются простотой конструкции и низкой стоимостью [3, 4].

Тенденция пористого материала к засорению частицами примесей воды существенно не может повлиять на перспективы применения ПВР в распылительных аппаратах. Небольшая стоимость изделий дает возможность заменять их по мере загрязнения пор абразивного материала при работе с недеминерализованной или рециркуляционной водой. Однако, в случае значительного присутствия в исходной воде частиц примесей (песка, ила) необходимо использовать конструкцию ПВР с устройством осаждения и отвода загрязнителя, которая показана на рис. 1, а. Во внутренней полости таких распылителей смонтирован специальный вкладыш-ротор 1 с конической внутренней поверхностью, выполняющий функцию осадительной центрифуги. Частицы песка, ила и другие твердые включения выделяются из воды и осаждаются под действием центробежной силы на внутренней поверхности вкладыша в виде кольцевого слоя осадка. Очищенная вода отводится через центральную щель 2 к внутренней поверхности пористого цилиндра 3 и распыляется, а осадок периодически удаляется из распылителя по коническому каналу 4 через отводной штуцер 5.

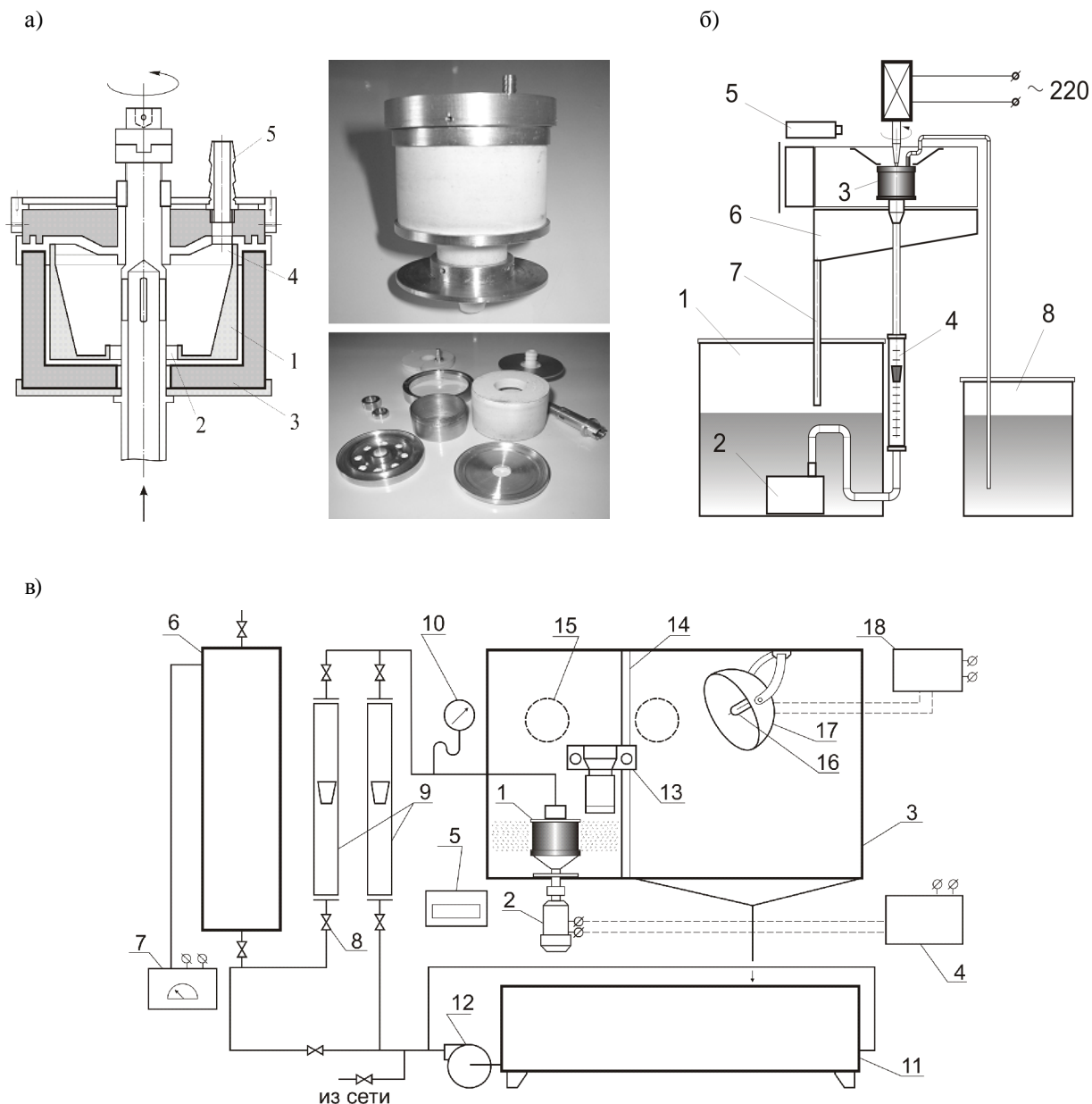


Рис.1. Конструкция ПВР с вкладышем-центрифугой (а), схема стенда по определению эффективности очистки (б), схема установки по определению дисперсности распыла ПВР (в)

С целью получения достоверных сведений о возможностях работы предлагаемой конструкции ПВР, ее дисперсных характеристиках и затратах энергии на распыливание были проведены серии опытов в лабораторных условиях. На рис. 1, б приведена схема экспериментальной установки, на которой определялась эффективность очистки в образце ПВР из абразивного материала М10 диаметром 50 мм. Вода с искусственно введенными примесями из контейнера 1 с помощью погружного насоса 2 под давлением поступает во внутреннюю полость распылителя 3. Расход поступающей жидкости фиксируется по показаниям ротаметра 4, скорость вращения – по оптическому тахометру 5.

Очищенная во вкладыше-сепараторе вода распыляется с наружной поверхности ПВР, собирается в поддоне 6 и направляется в контейнер 1 по трубке 7. Отсепарированная в распылителе часть жидкости вместе с загрязнителем выводится из ПВР в мерную емкость 8 для последующего анализа содержания механических примесей седиментационным способом. Расход фильтрата определялся объемным методом.

Результаты экспериментов, выполненных на опытной установке с дистиллированной водой и с загрязнителем в виде песка, представлены в таблице 1. Данные таблицы показывают удовлетворительное качество работы и эффективность предлагаемой конструкции распылителя.



Таблица 1

Результаты экспериментов по определению эффективности очистки в сепараторе ПВР

Объемный расход воды, л/ч		Частота вращения, об/мин.	Масса песка, г		Эффективность очистки, %
На распылитель	Фильтрата		Введенная	После сепарации	
1.54	0.041	2800	120.54	117.60	97.5
1.52	0.046	3600	140.33	138.24	98.5
1.54	0.058	4500	135.70	132.45	97.6
1.56	0.064	5000	98.04	97.12	99.1
2.24	0.068	5000	24.25	23.93	98.7
4.65	0.067	5000	30.40	29.25	96.2

Схема установки по определению дисперсных характеристик ПВР показана на рис. 1, в. Экспериментальный стенд включал в себя электродвигатель постоянного тока 2 для привода во вращение распыливающего устройства 1. Питание осуществлялось от сети переменного тока через выпрямитель 4, который обеспечивал возможность плавного изменения скорости вращения вала в диапазоне 0÷250 об/с. В схеме выпрямителя установлены амперметр и вольтметр, позволяющие определять потребляемую двигателем мощность.

В исследованиях применялись распылители на основе серийно выпускаемых абразивных цилиндров типа ЧЦ из электрокорунда белого и нормального с размером основной фракции зерна 250 и 400 мкм, что соответствует обозначению зернистости 25П и 40П соответственно.

Вода подавалась в распылитель непосредственно от сети водопровода или из питающей емкости 6. Необходимое давление в 6 создается сжатым воздухом с помощью компрессора 7. Распыленная жидкость через приемный бункер уходила в емкость 11, где предусмотрена возможность подготовки рабочих жидкостей с различными физическими свойствами. Рабочая жидкость закачивается в емкость 6 насосом 12. Регулирование расхода осуществляется вентилями 8 до и после ротаметров 9. Скорость вращения ПВР определялась по скорости вращения вала электродвигателя путем измерения последней тахометром с часовым механизмом 5. Расход жидкости определялся ротаметрами 9, которые предварительно калибровались объемным методом. Давление перед распылителем измерялось манометром 10.

Для получения картины распыла проводилась фотосъемка в масштабе 1:6 с глубиной резкости до 50 мм. Фотокамера 13 устанавливалась на координатнике 14 таким образом, что оптическая ось объектива проходила перпендикулярно к плоскости факела. Длительность экспонирования при съемке задавалась

временем свечения лампы-вспышки 16, управляемой через разрядное устройство 18. В единичном разряде длительность вспышки составляла $\sim 1 \cdot 10^{-6}$ секунды. В качестве источника света использовалась импульсная лампа ИСП-100-5, заключенная в водонепроницаемый корпус прожектора 17. Расположение лампы-вспышки относительно объекта съемки выбиралось согласно известной зависимости освещенности от расстояния. Работа с фотоаппаратом осуществлялась через нарукавники и прорези 15, сделанные в светопроницаемой камере 3.

Дисперсный состав распыла определялся анализом снимков участка факела радиусом до 0.1 м и углом при вершине 10° . Измеренные капли разделялись на фракции: менее 0.1 мм; 0.1÷0.2 мм, 0.2-0.3 мм и т.д. По данным фракционного состава вычислялся средний объемно-поверхностный диаметр капель d_{32} в факеле распыла (средний диаметр по Заутеру). Он представляет собой такой размер капли, отношение объема которой к ее поверхности равно отношению суммарного объема всех капель в распыле к их поверхности

$$d_{32} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i^3 n_i}{\sum_{i=1}^n d_i^2 n_i},$$

где n_i - число капель диаметром d_i .

В опытах использовались образцы абразива наружным диаметром $d_n=81.9$ мм. Давление жидкости в сети питания составляло от 10 до 135 кПа. Это соответствовало расходам жидкости от $2 \cdot 10^{-6}$ до $105 \cdot 10^{-6}$ м³/с. Значение угловой скорости варьировалось от 4 до 152 об/с, что соответствовало окружным скоростям вращения от 0.8 до 25 м/с. Опыты проводились в зимнее время и температура водопроводной воды составляла +5...+7°C. Эта вода характеризовалась плотностью 1010 кг/м³, вязкостью $1.43 \cdot 10^{-3}$ Па·с и коэффициентом поверхностного натяжения $\sigma=70 \cdot 10^{-3}$ Н/м.



Таблица 2

Дисперсность распыла ПВР-250 (расход воды $Q=33.84 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$) и ПВР-400 ($Q=21.24 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$)

Скорость вращения, м/с	Центробежное ускорение, м/с ²	Диапазон диаметров капель, мкм/ количество капель, <i>n</i> , в сотнях шт							Средний диаметр капель, мкм
		<100	101-200	201-300	301-400	401-500	501-600	601-700	
Распылитель $d_n=81.9 \times 10^3 \text{ м}$, ПВР-250									
6.3	980	1.78	3.29	0.89	0.18	-	-	-	200
8.4	1740	5.70	9.26	0.89	0.09	0.18	-	-	200
10.6	2770	43.16	19.31	1.60	-	-	-	-	140
15.1	5630	69.00	18.24	1.25	-	-	-	-	130
Распылитель $d_n=81.9 \times 10^3 \text{ м}$, ПВР-400									
4.3	450	1.62	2.70	7.38	3.96	0.72	-	-	310
8.6	1810	8.46	8.46	2.34	0.90	0.18	0.18	-	250
12.9	4060	7.85	1.62	1.80	0.36	-	-	-	210
17.2	7220	0.18	12.42	0.36	-	-	-	-	160
21.4	11180	12.46	28.98	0.54	-	-	-	-	150

Результаты экспериментов по определению дисперсности факела распыленной с помощью ПВР воды представлены в табл. 2.

Из данных таблиц видно, что предлагаемый распылитель имеет конструкцию, которая практически не загрязняется твердыми включениями и не требует частой очистки, при этом происходит мелкодисперсное распыление воды на капли диаметром $150 \div 300 \text{ мкм}$.

Эксперименты по определению потребления энергии на распыливание показали, что в области скоростей вращения, принятых в опытах, энергозатраты линейно возрастают с ростом числа оборотов двигателя n и уменьшаются с увеличением давления жидкости P в сети. Обобщенная зависимость для энергозатрат, полученная обработкой осредненных значений, имеет вид

$$E = 42.6 \cdot n \cdot P^{-0.52}, \text{ кВт.}$$

Эта зависимость аппроксимирует опытные данные с точностью $\pm 12 \%$.

Литература

1. Сафиуллин Р.Г. Дисперсные характеристики пористых вращающихся распылителей и конструкции аппаратов на их основе // Известия КазГАСУ, 2008, № 4. – С. 54-57.
2. Пажи Д.Г., Галустов В.С. Основы техники распыливания жидкостей. – М.: Химия; 1984. – 256 с.
3. А.С. № 1745358 (СССР). Распылитель для загрязненных жидкостей. Р.Г. Сафиуллин, А.А. Колесник, А.Б. Сергеев, Н.А. Николаев. Опубл. в Б.И. № 25, 1992.
4. <http://www.inpo.ru>. ООО «Инструментально-подшипниковый центр». Информационный перечень (05.07.2009).