

УДК 541.183

Р.Г. Сафиуллин – кандидат технических наук, доцент
Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ)

ДИСПЕРСНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОРИСТЫХ ВРАЩАЮЩИХСЯ РАСПЫЛИТЕЛЕЙ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ УВЛАЖНИТЕЛЕЙ НА ИХ ОСНОВЕ

АННОТАЦИЯ

Представлены основные характеристики пористых вращающихся распылителей (ПВР), показывающие их преимущества перед гидравлическими форсунками и вращающимися дисками. Предлагаются схемные решения для некоторых типов увлажнительных аппаратов промышленного и бытового назначения на основе ПВР.

R.G. Safiullin – candidate of technical sciences, associate professor
Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUAE)

THE DISPERSIVE CHARACTERISTICS OF POROUS ROTARY ATOMIZERS AND THE PERSPECTIVE DESIGNS OF HUMIDIFIERS ON THEIR BASIS

ABSTRACT

The basic characteristics of porous rotary atomizers, which demonstrate their advantages in front of hydraulic nozzles and rotating disks, are presented. Technical solutions for some types of industrial and household humidifiers on the PRA basis are suggested.

При выборе распылителей для системы увлажнения воздуха обычно принимают во внимание три основных фактора. Во-первых, качество распыливаемой воды. Во-вторых, стоимость приобретения и обслуживания распылителей. В-третьих, качество распыла, его равномерность, тонкость и дисперсность, которые должны регулироваться в зависимости от изменений параметров воздуха.

Форсунки с диаметром сопла $0,2 \div 0,4$ мм и дисковые распылители, традиционно используемые в аппаратах для адиабатического увлажнения, очень чувствительны к содержанию в распыливаемой воде солей и минералов. Образование известковых наслоений на поверхности диска или форсунки ведет к увеличению доли крупных капель в факеле распыла и увеличивает вероятность их выброса в обслуживаемые помещения. Известковые отложения на диске также нарушают его динамическую балансировку, приводя к увеличению уровня шума от работы таких систем. Из-за низкого качества воды периодичность очистки указанных распылителей может составлять менее 1 раза в неделю.

Форсунки и диски не обеспечивают равномерности и монодисперсности распыла. Механизм каплеобразования у них основан на распаде турбулентных струй и плёнок жидкости под действием нерегулярных (случайных) возмущений. Подобный способ распыливания всегда приводит к образованию полидисперсной системы капель со значительным содержанием крупных фракций.

Экспериментальными исследованиями [1] установлено, что пористыми вращающимися распылителями (ПВР) реализуется принципиально

иной механизм распыления жидкости. Каплеобразование здесь происходит непосредственно на однородных гранулах пористого материала, из которых сформирована распыливающая поверхность ПВР.

Принципиальная схема ПВР – это вращающийся на оси электродвигателя полый пористый цилиндр из зернистого материала, к внутренней поверхности которого равномерно подается жидкость (рис. 1). Под действием центробежной силы жидкость фильтруется через капиллярно-пористую стенку цилиндра и в виде струй или капель сбрасывается с зерен на его внешней (распыливающей) поверхности.

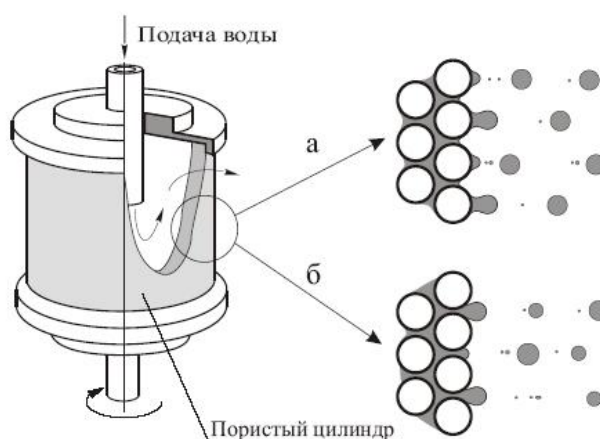


Рис. 1. Пористый вращающийся распылитель:
 а – каплеобразование при смачивании;
 б – каплеобразование при несмачивании

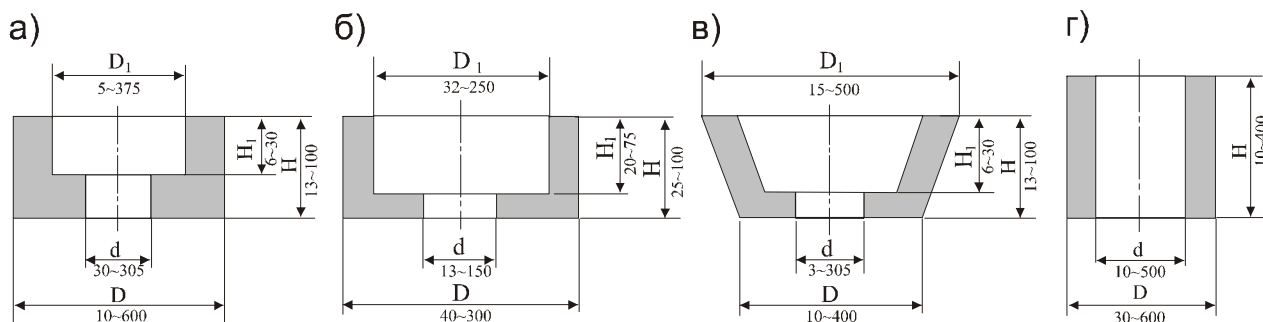


Рис. 2. Абразивные изделия в форме кругов типа ПВ (а), ЧЦ (б), ЧК (в) и ПП (г) по ГОСТ 2424-83

При смачивании каплеобразование происходит на поверхности одноразмерных зерен пористого материала. При несмачивании отдельные капли формируются из коротких ламинарных струек, вытягивающихся из пор на рабочей поверхности распылителя, также одинаковых по своим размерам.

Одинаковые размеры зерен материала ПВР и равные условия формирования на них каплей обеспечивают высокую степень монодисперсности распыла. При этом производительность одного ПВР может просто регулироваться за счет изменения подачи жидкости в широких пределах от 0,1 до 1000 кг/ч без изменения качества распыливания.

Материалом для ПВР может служить пористая фильтрующая керамика, пористое стекло, металлокерамика и другие материалы, полученные формованием под высоким давлением из равномерной смеси связки и зерен заданного номера зернистости с последующим спеканием компонентов.

Наиболее дешевым, технологичным и универсальным является абразивный материал, в наибольшей степени отвечающий условиям

использования в ПВР. Он обладает высокой пористостью, одноразмерным зерновым составом, прочен и химически стоек к агрессивным средам. В качестве готовых диспергирующих элементов ПВР могут использоваться стандартные изделия из абразива, имеющие цилиндрическую и коническую форму (рис. 2). Промышленностью выпускается более 800 типоразмеров абразивных кругов 20 номеров зернистости (от 50 до 400 мкм), различающихся лишь устройством их внутренней части и стоимостью (от 30 до 80 рублей).

На основе абразивных кругов типа ПП, ПВ, ЧЦ, а также конусных дисков ЧК разработано несколько конструкций распылителей, которые могут успешно применяться в промышленных и бытовых увлажнителях. На рис. 3 а показан ПВР закрытого типа, предназначенный для распыливания чистых или условно чистых жидкостей. К последним можно отнести воду, которая содержит частицы примесей меньшего размера, чем размеры самых малых пор ПВР.

В аппаратах с рециркуляцией воды могут применяться схемы распылителей со щелью под

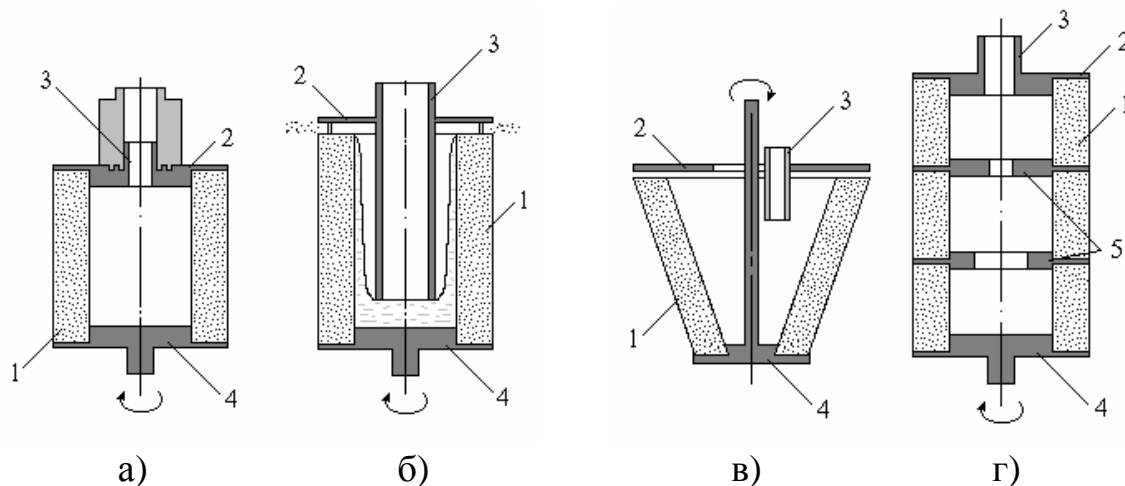


Рис. 3. Конструктивные схемы ПВР: а – закрытого типа; б – цилиндрический и в – конусный для загрязненных жидкостей; г – трехкамерный; 1 – диспергирующий элемент; 2 – верхняя крышка; 3 – патрубок для подачи жидкости; 4 – нижняя крышка; 5 – диафрагмирующие перегородки

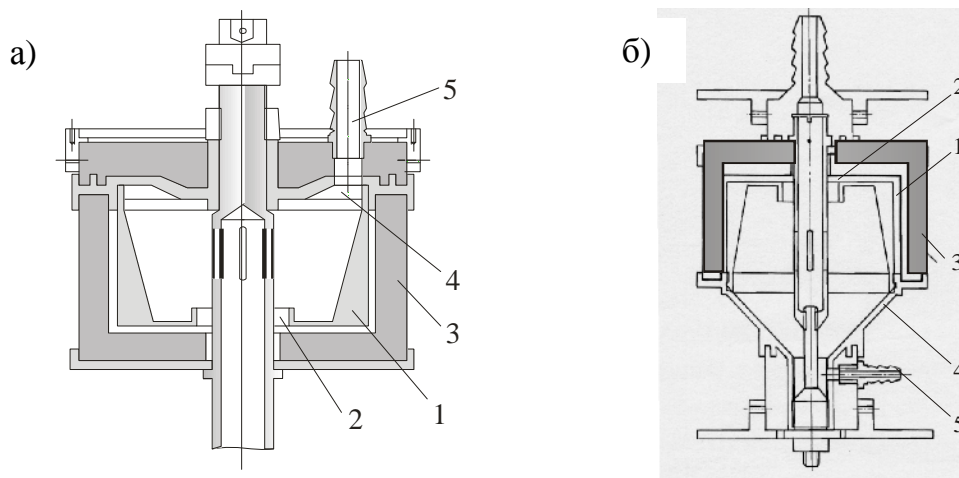


Рис. 4. ПВР на основе абразивных изделий ЧЦ для загрязненных жидкостей:
а – с верхним отводом загрязнителя; б – с нижним отводом загрязнителя по [2]

верхней крышкой (рис. 3, б и в). Преимуществом данных конструкций является возможность создания разницы сопротивлений на пористой стенке и в щели, что обеспечивает отвод и распыление поверхностного слоя воды, содержащего всплывающие частицы загрязнителя (органическую пыль, волокна и т.д.)

Для диспергирования больших количеств воды и равномерного распределения ее по высоте контактной зоны тепло-массообменного аппарата разработана секционная конструкция ПВР с диафрагмирующими перегородками (рис. 3г). В этой конструкции одинаковые условия каплеобразования обеспечиваются для всей распыливаемой поверхности. В секциях ПВР возможно использование абразивных кругов различной зернистости для получения полей распыленной жидкости разной плотности и дисперсности.

При использовании жидкостей с плотными механическими примесями хорошо зарекомендовали себя конструкции [2], приведенные на рис. 4. Во внутренней полости распылителей смонтирован специальный вкладыш-ротатор 1 с конической внутренней поверхностью, выполняющий функцию осадительной центрифуги. Твердые частицы, имеющие

плотность большую, чем у распыливаемой жидкости, выделяются и осаждаются под действием центробежной силы на внутренней поверхности вкладыша в виде кольцевого слоя осадка. Очищенная жидкость отводится через центральную щель 2 к внутренней поверхности пористого цилиндра 3 и распыляется, а осадок периодически удаляется из распылителя по каналу 4 через отводной штуцер 5.

В работе ПВР из абразивного материала можно выделить три характерных режима распыления (рис. 5). Первый режим – «пленочный» (рис. 5а). Он реализуется при скоростях вращения $v_p = 2 \div 4$ м/с, когда всю наружную поверхность абразива покрывает довольно толстая пленка жидкости. На возмущенных участках пленки вытягиваются отростки, от которых отделяются крупные капли (до $1 \div 2$ мм), сопровождаемые мелкими каплями-сателлитами.

При увеличении скорости вращения ПВР (до $8 \div 12$ м/с) наступает режим «струеобразования» на зернах абразива (рис. 5 б). Диаметры струй и размеры образующихся при их распаде капель сравнимы с размерами зерен в абразиве. Так как гранулометрический состав зерен при производстве абразивных изделий практически монодисперсный, то

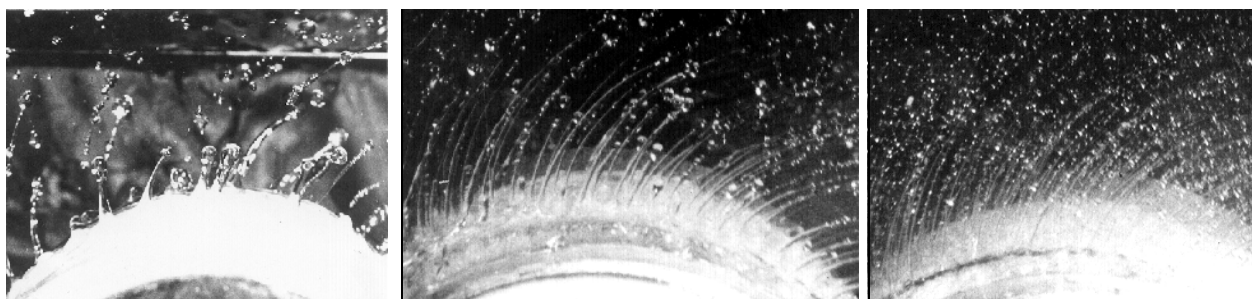


Рис.5. Режимы распыливания ПВР из абразивного материала:
а – пленочный; б – струйный; в – струйно-капельный

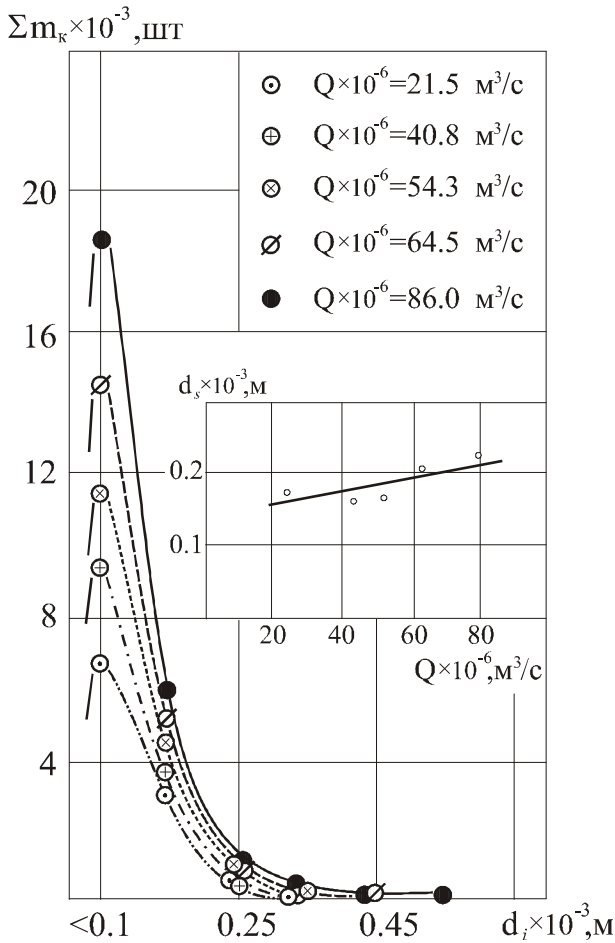


Рис. 6. Характер распределения капель по размерам в струйно-капельном режиме работы ПВР-250 ($d_p = 35.5 \cdot 10^{-3}$ м; $v_p = 5.6$ м/с)

и состав факела капель в струйном режиме у ПВР близок к монодисперсному. В результате при работе распылителя образуется объемный по высоте, однородный по составу и достаточно тонкий распыл (средний диаметр капель $200 \div 250$ мкм).

При дальнейшем увеличении скорости вращения (до $v_p = 20$ м/с) достигается «струйно-капельный» режим, при котором на зернах формируются тончайшие короткие струи и отдельные капли (рис. 5в). Размеры образующихся капель становятся меньше размеров зерен абразива, монодисперсность факела увеличивается. По характеру распределения капель в распыле работа ПВР в этом режиме сравнима с работой пневматических форсунок (рис. 6). Такие характеристики ПВР позволяют интенсифицировать испарение и с высокой эффективностью проводить процесс адиабатического увлажнения воздуха. Однако подойти к этому режиму достаточно сложно, так как необходима частота вращения распылителя более $3000 \div 5000$ об/мин.

При скоростях вращения свыше 20 м/с ($7000 \div 10000$ об/мин) возможно достижение практически

монодисперсного «капельного» режима, когда на каждом зерне формируется и отрывается не струя, а отдельная капля диаметром $40 \div 50$ мкм. В этом режиме наиболее существенное влияние на размер капель оказывают структурные характеристики ПВР, и в первую очередь – зернистость распыливающей поверхности. Это видно по рис. 7, где распределение капель по размерам в факеле распыленной воды практически аналогично зерновому составу абразивного материала исследованных распылителей. Так, для ПВР с зернистостью марки 250 характерно наличие основной фракции зерна (до 70%) диаметром от 100 до 200 мкм, а также содержание дополнительной фракции в количестве $10 \div 30$ % от основной. Обе основные фракции капель также имеют соответствующее содержание и в распыле. Эта особенность свойственна и для ПВР с зернистостью марки 400.

Ниже предлагаются некоторые перспективные конструкции увлажнителей воздуха на основе ПВР.

Схема бытового увлажнителя с ПВР из абразивного материала показана на рис. 8а. Воздух помещения протягивается вентилятором 3 через дождевое пространство из микрокапель, образованных пористым вращающимся распылителем 1, увлажняется и выходит обратно в помещение через отверстия перфорации на верхней полусфере корпуса. Вода к ПВР поднимается по поверхности смачиваемого конуса 2 под действием центробежной силы и силы поверхностного натяжения. Проходя через слой

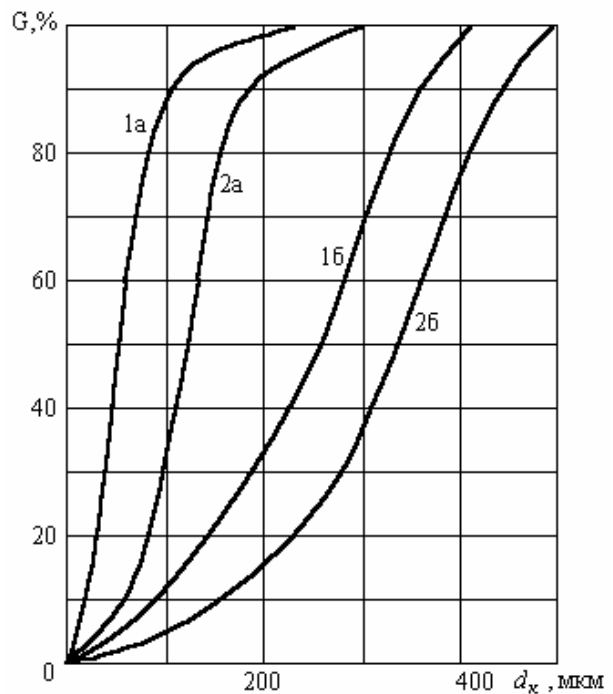


Рис. 7. Характер распределения капель (1) в капельном режиме и зерен (2) в образцах ПВР-250 (а) и ПВР-400 (б) при смачивании

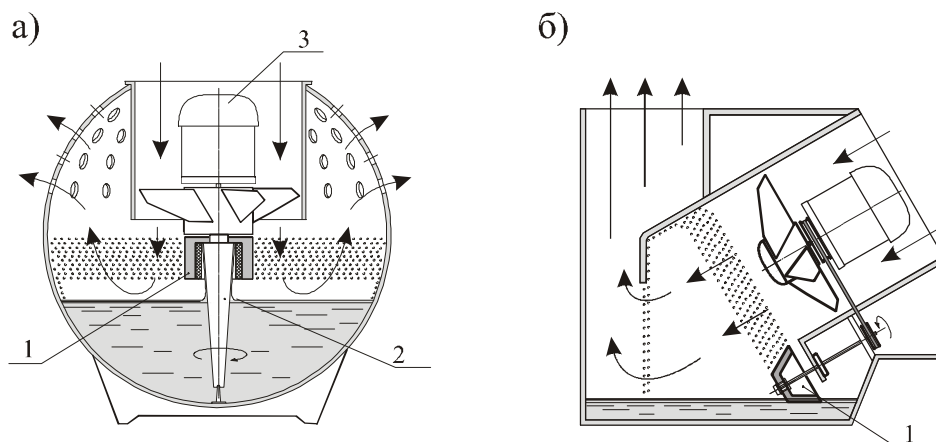


Рис. 8. Схемы конструкций бытовых увлажнителей воздуха на основе ПВР из абразивного материала

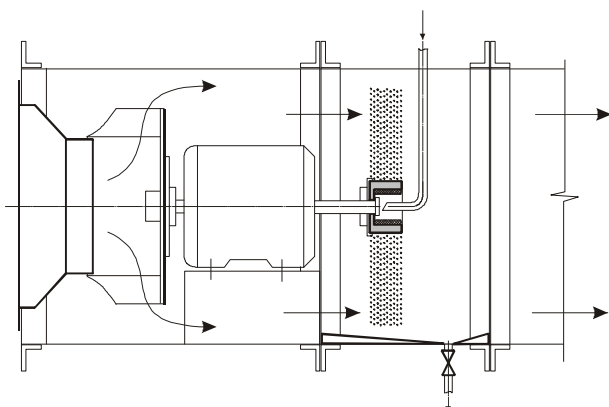


Рис. 9. Схема секции увлажнения с канальным вентилятором и ПВР

дополнительного пористого материала (например, поролон или фильтровальной бумаги), вода очищается от загрязнений и равномерно распределяется по внутренней поверхности ПВР, затем фильтруется через пористую стенку распылителя 1 и каплями сбрасывается с зерен на его внешней поверхности.

Конструкция отличается простотой и небольшой стоимостью, которая не превышает цены наиболее дешевых паровых бытовых увлажнителей воздуха, представленных на современном рынке. При работе предлагаемого увлажнителя отсутствует шум низкого тона, так как скорость в сечении дождевого пространства образца с ПВР составляет менее 0,7 м/с. Также практически отсутствует вынос мелких капель из аппарата.

На рис. 8б представлена принципиальная конструкция увлажнителя воздуха с «погружным» ПВР. В качестве материала распылителя здесь используется абразивный круг 1 типа ЧК (чаша коническая). В этой схеме вода смачивает и распыляется только с внешней поверхности ПВР, а не фильтруется через толщу пористой стенки распылителя. Такое решение позволяет избежать засорения пор абразивного

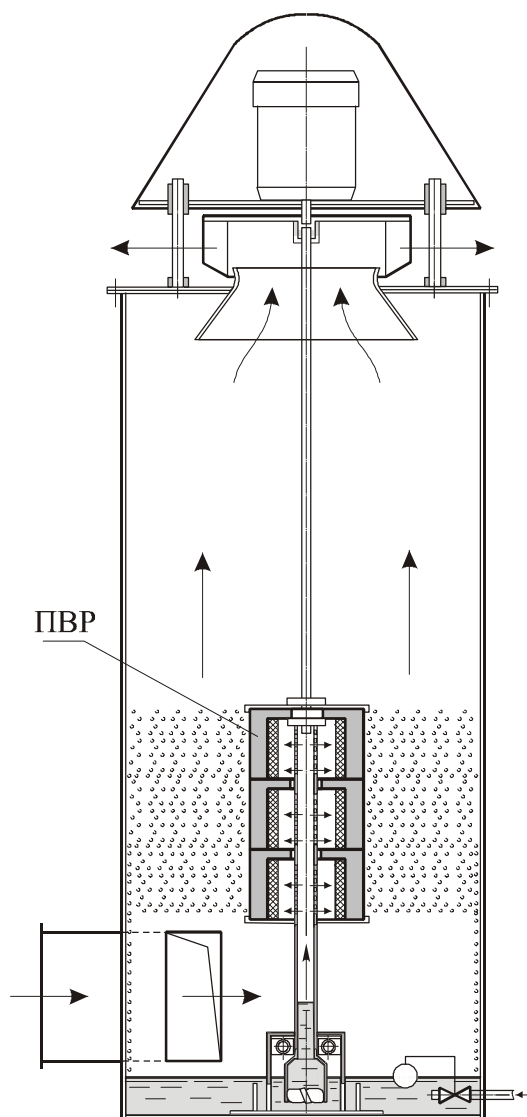


Рис.10. Схема аппарата для доувлажнения производственных помещений с многорусным ПВР



материала при длительном использовании рециркуляционной воды.

Появление на рынке конструкций канальных вентиляторов, развивающих скорость вращения крыльчатки до 2500 об/мин, позволяет использовать их комбинацию с ПВР для конструирования увлажнительных секций подвесных или настенных приточных камер. На рис. 9 показана возможная схема такого увлажнителя.

Рис. 10 иллюстрирует пример использования многоярусного комбинированного ПВР для аппарата системы доувлажнения воздуха производственных помещений. В устройстве в виде круглой колонны с тангенциальным патрубком 6 для входа воздуха можно проводить глубокое увлажнение за счет создания высокого объемного факела мелкодисперсных капель. Такой факел образуется в результате работы распылителя 1 в виде пакета из абразивных кругов типа ЧЦ (чаши цилиндрические), защищенных от засорения

прокладками из фильтровальной бумаги 2. Вода в ПВР поднимается из бака с помощью винтового погружного насоса 5, вращающегося на валу скоростного электродвигателя 4 центробежного вентилятора 3. Подобная конструкция может иметь высокий коэффициент орошения и производительность по воздуху.

Литература

1. Сафиуллин Р.Г., Николаев Н.А., Посохин В.Н., Колесник А.А. Диспергирование жидкости пористыми вращающимися распылителями. Модели каплеобразования. – Казань: ЗАО «Новое знание», 2004. – 64 с.
2. А.с. № 1745358 (СССР). Распылитель для загрязненных жидкостей. Сафиуллин Р.Г., Колесник А.А., Сергеев А.Б., Николаев Н.А. Оpubл. в Б.И. №25, 1992.