

УДК 697.93

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АППАРАТОВ ДЛЯ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ВОЗДУХА

Аверкин А.Г., Киселёв С.О.

ГОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», Пенза, Россия (440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28), algraw@mail.ru

Представлен обзор контактных аппаратов для тепловлажностной обработки воздуха в системе кондиционирования. Показано, что наименее энерго- и металлоёмкими являются контактные аппараты сотового орошения. Рассмотрены основные типы насадок. Выявлены основные достоинства и недостатки данных аппаратов. Для интенсификации тепломассообмена рабочих сред в контактном аппарате предлагается использовать механический вибровозбудитель контактного узла. Предлагаемое техническое решение способствует увеличению площади тепломассопереноса между воздухом и водой. Контакт воздушной среды происходит с плёнкой воды, стекающей по листовой насадке, а также с поверхностью капель, струек воды, образующихся при вибрации насадки. Это интенсифицирует массоперенос водяных паров в воздушный поток. Приведены оценочные характеристики процесса вибрации сотовой насадки, а также перечень измерительных приборов колебательных процессов.

Ключевые слова: контактный аппарат, вибровозбудитель, насадка, массообмен, амплитуда вибрации, частота вибрации.

IMPROVEMENT AIR-HANDLING UNITS

Averkin A.G., Kiselev S.O.

"Penza State University of Architecture and Construction", Russia, 440028, Penza (28, German Titov St.), algraw@mail.ru

The work represents the overview of catalytic gas recombiners for air conditioning systems. It is shown that the least energy - and metal content are contactors cell irrigation. The main types of packing. The basic advantages and disadvantages of these devices. To intensify the heat and mass transfer in working environments contactor is proposed to use a mechanical vibration generator. Pre-lag solution helps to increase the area of heat and mass transfer between the air and water. Contact with the ambient air takes water film flowing over the packing sheet and to the surface of droplets, streams of water formed during the vibration of the packing. It intensifies the mass transfer of water vapor in the air stream. Presents estimates of the vibration characteristics of the process of cellular attachment as well as a list of instruments oscillatory processes.

Keywords: catalytic gas recombiner, vibration generator, packing, mass transfer, vibration amplitude, vibration frequency.

В настоящее время проблема энергосбережения в России является актуальной и закрепляется законодательно [5]. Предъявляются повышенные требования к строительным материалам, усиливается контроль за отпуском энергетических ресурсов, устанавливаются новые нормы для систем обеспечения микроклимата. Системы вентиляции и кондиционирования (СВК) характеризуются повышенной энергоёмкостью, металлоёмкостью. Совершенствование оборудования СВК направлено на решение этих актуальных задач.

Цель исследования

На основе литературного обзора контактных аппаратов для тепловлажностной обработки воздуха определим основные направления по совершенствованию их конструктивного исполнения.

Установки СВК могут содержать следующие основные блоки: фильтры, смесительные камеры, узлы утилизации теплоты, секции тепловлажностной обработки воздуха и др. Универсальным основным элементом является узел тепловлажностной обработки воздуха. Это теплообменное устройство поверхностного или контактного типа. Конструктивное исполнение контактного узла оказывает большое влияние на энергопотребление. Классификация контактных аппаратов подробно рассмотрена в работе [1]. Наибольшее применение в СКВ получили аппараты контактного типа: камеры форсуночного распыления и аппараты с орошаемой насадкой (камеры сотового орошения).

Рассмотрим контактные аппараты с орошаемой насадкой (рис. 1). В качестве насадочных тел (рис. 1а) применяются древесная и металлическая стружка, кольцевая насадка (кольца Рашига, Берля, Палля), керамзит, а также различные пористые материалы. Свободная укладка материала, как правило, применяется в орошаемых насадках высотой до 0,4 м. При увеличении высоты наблюдается проседание смоченного материала в слое и ухудшение эффективности адиабатного увлажнения воздушной среды. Это отсутствует в контактных аппаратах с орошаемой насадкой из гигроскопичного материала, уложенного и связанного в пакет при постоянной форме каналов, например из склеенных листов гофрированного тонкого картона, предварительно пропитанного специальными растворами, которые предотвращают процесс биологического разложения (гниения) (рис. 1б). Благодаря применению гигроскопичного материала в орошаемых слоях удаётся получить высокую эффективность процессов адиабатного увлажнения воздушного потока при малых коэффициентах орошения. Вода на орошение материала насадки подаётся через перфорированные лотки (поддон), расположенные сверху. Требуемое давление в водяном контуре при работе насоса определяется, главным образом, высотой подъёма воды к оросительным устройствам.

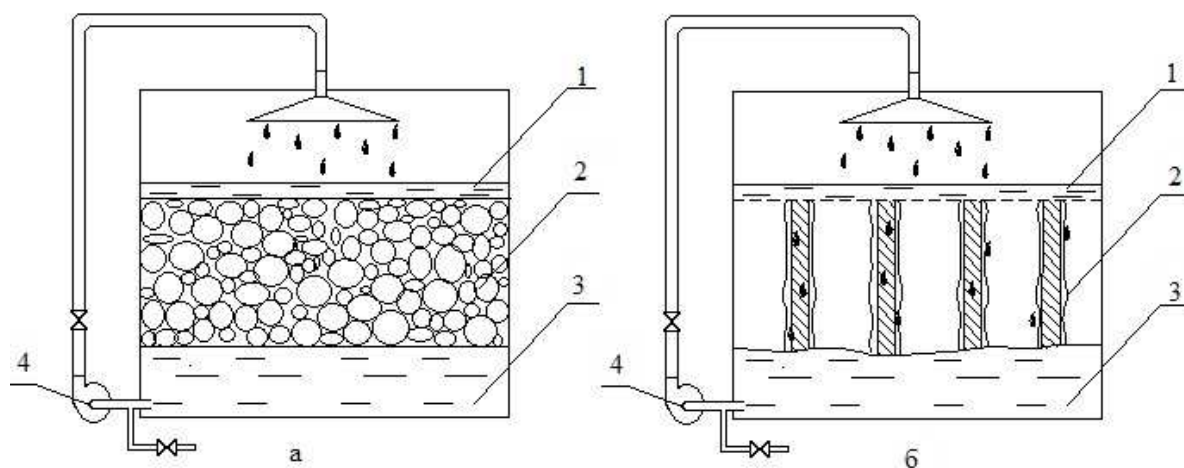


Рис. 1. Схема контактных аппаратов с насадкой:

*а – насыпная насадка; б – насадка из гигроскопичного материала;
1 – верхний поддон; 2 – шаровая/листовая насадка; 3 – нижний поддон;
4 – циркуляционный насос*

Установлено [4], что при эксплуатации камер сотового орошения расход электроэнергии может быть уменьшен до 35 раз по сравнению с камерами форсуночного распыления. Эффективность работы увлажнителей с орошаемой насадкой, их эксплуатационный ресурс в большой степени зависят от качества воздуха. Имеет место двойной негативный эффект: наличие солей в воде приводит к «засолению» насадки, а остатки пыли и бактерий из воздуха также оседает на ней.

К основным недостаткам камер сотового орошения следует отнести:

- «засоляемость» и загрязняемость насадки, что вызывает необходимость производить периодическую регенерацию (промывку) или замену насадки;
- невозможность полного слива воды при отключении приточной установки, что увеличивает вероятность бактериального заражения воздушной среды;
- неравномерное орошение насадки, что ухудшает условия увлажнения и приводит к выносу капель за пределы аппарата;
- большую инерционность процесса увлажнения [1].

Основными достоинствами камер увлажнения с орошаемой насадкой являются:

- относительная простота конструкции;
- дополнительная очистка воздуха от пыли и газов;
- снижение потребляемой мощности насоса в водяном контуре;
- компактность.

В этой связи совершенствование и модернизация контактных устройств, с применением орошаемых насадок, представляет практический интерес.

Для проведения научных исследований, направленных на повышение эффективности контактного аппарата с пленочной насадкой, на кафедре «Теплогазоснабжение и вентиляция» разработан и смонтирован экспериментальный стенд. При конструировании нового контактного узла применен эффект вибрации. Контактный аппарат (рис. 2) оснащён механическим вибровозбудителем и упругим основанием.

При прохождении водной среды по поверхности листовой насадки, в режиме вибрации достигается отрыв частиц воды от стекающего слоя.

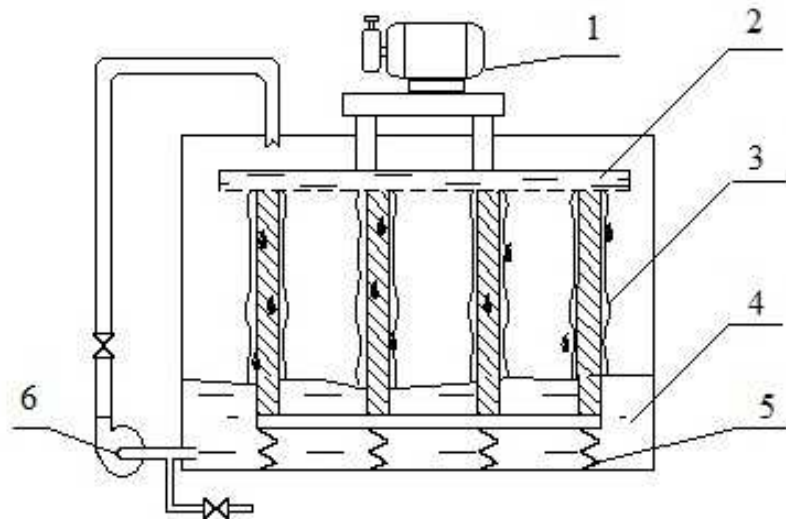


Рис. 2. Схема контактного аппарата с насадкой пленочного типа с вибровозбудителем:
 1 – вибровозбудитель; 2 – верхний поддон с водой; 3 – листовая насадка; 4 – нижний поддон с водой; 5 – упругое основание; 6 – циркуляционный насос

При этом увеличивается поверхность контакта воздуха и воды. Контакт воздушной среды происходит с плёнкой воды, стекающей по листовой насадке, а также с поверхностью капель, струек воды, образующихся при вибрации насадки. Это интенсифицирует массоперенос водяных паров в воздушный поток. Согласно уравнению массообмена количество диффундируемого вещества пропорционально поверхности массопереноса

$$dM = \kappa dF \Delta_{cp} dt, \quad (1)$$

где dM – количество диффундируемого вещества (паров воды), кг; κ – коэффициент массопередачи, с/м; dF – приращение поверхности массопереноса, м²; Δ_{cp} – средняя движущая сила, Па; dt – продолжительность контакта рабочих сред, с.

Для описания работы контактного узла в режиме вибрации и выбора режимных параметров рассмотрим основные уравнения процесса колебания материальной частицы. Характеристиками вибровозбудителя являются частота и амплитуда колебаний [2; 3].

Колебания рабочего органа происходят согласно синусоидальному закону. Координата (y) колеблющейся точки рабочего органа (контактного аппарата) отсчитывается от её среднего положения и связана с текущим значением времени (τ) выражением [2]

$$y = A \sin(\omega \tau + \varphi), \quad (2)$$

где τ – значение времени, с; A – амплитуда колебаний, мм; ω – угловая частота, рад/с; φ – начальная фаза колебаний.

Угловая частота ω , рад/с может быть выражена через период колебаний T , с, и частоту колебаний f , Гц

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f. \quad (3)$$

Скорость вибрации v , м/с, определяется по уравнению

$$v = \dot{y} = A\omega \sin(\omega t + \varphi) = A\omega \sin(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}). \quad (4)$$

Согласно уравнению (4) амплитуда скорости равна

$$v_{max} = A\omega. \quad (5)$$

Вибрационное ускорение a точки определяется по формуле

$$a = \ddot{y} = -A\omega^2 \sin(\omega t + \varphi) = A\omega^2 \sin(\omega t + \varphi + \pi). \quad (6)$$

Амплитудное значение точки рабочего органа вычисляется по уравнению

$$a_{max} = A\omega^2. \quad (7)$$

В качестве измерительных приборов колебательных процессов используют различные виброметры: виброметр К1, FLUKE805 и др. Они служат для проведения измерения виброскорости, мм/с, в стандартном диапазоне частот от 10 до 1000 Гц [6].

В настоящее время проводятся экспериментальные исследования по изучению возможностей варьирования оценочных характеристик процесса вибрации насадки на лабораторном стенде.

Вывод

Приведены сведения по контактным аппаратам для тепловлажностной обработки воздуха и оценочные характеристики вибрационных процессов, позволяющие целенаправленно осуществлять научные экспериментальные исследования по разработке эффективных устройств, характеризующихся пониженным энергопотреблением и ресурсосбережением.

Список литературы

1. Аверкин А.Г., Киселев С.О. Анализ современных контактных аппаратов для систем кондиционирования воздуха // Системы теплогазоснабжения и вентиляции. Проблемы и решения : сб. - Пенза: ПГУАС, 2013. – С. 7-9.
2. Варсанюфьев В.Д., Кольман-Иванов Э.Э. Вибрационная техника в химической промышленности. - М. : Химия, 1985. – 240 с.
3. ГОСТ 31319-2006. Вибрация. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Требования к проведению измерений на рабочих местах.

4. Кокорин О.Я. Отечественное оборудование для создания систем вентиляции и кондиционирования воздуха : каталог. – М. : ИКФ «Каталог». - 2005. - 97 с.
5. Об энергосбережении и о повышении энергетической активности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации : Федеральный закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ.
6. Официальный сайт производственно-внедренческой фирмы «Вибро-Центр» г. Пермь. - URL: <http://vibrocenter.ru/vibrometer.htm> (дата обращения: 01.07.2015).

Рецензенты:

Еремкин А.И. д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Теплогазоснабжение и вентиляция» Пензенского государственного университета архитектуры и строительства, г. Пенза;
Береговой А.М. д.т.н., профессор, профессор кафедры «Городское строительство и архитектура», г. Пенза.