

ВЫБОР КОМПОНОВОЧНЫХ РАЗМЕРОВ НАСАДОЧНЫХ КОНТАКТНЫХ УСТРОЙСТВ НА БАЗЕ РЕГУЛЯРНЫХ СТРУКТУРИРОВАННЫХ НАСАДОК

Н. А. Пищанская, ассист.

Институт холода, криотехнологий и экоэнергетики им. В.С. Мартыновского Одесской национальной академии пищевых технологий, г. Одесса

Аннотация. Проведены экспериментальные испытания по влиянию компоновочных размеров регулярных насадок для увлажнительных устройств, используемых в системах кондиционирования воздуха. Исследованы изменения температуры и влагосодержания воздуха при прохождении его через орошаемую насадку. Дана сравнительная оценка соотношения компоновочных размеров регулярных структурированных насадок.

Ключевые слова: регулярные структурированные насадки, аэродинамическое сопротивление, температура и расход воздуха, процессы увлажнения.

Анотація. Проведено експериментальні випробування щодо впливу компоновальних розмірів регулярних насадок для зволожувальних пристроїв, використовуваних у системах кондиювання повітря. Досліджено зміни температури і вологовмісту повітря при проходженні його через зрошувану насадку. Дано порівняльну оцінку співвідношення компоновальних розмірів регулярних структурованих насадок.

Ключові слова: регулярні структуровані насадки, аеродинамічний опір, температура і витрата повітря, процеси зволоження.

Abstract. Experimental tests concerning the influence of the layout dimensions of regular packing on humidifiers used in the air conditioning systems have been conducted. The temperature changes and moisture content of the air passing through the irrigated packing are studied. The comparative evaluation of the interrelation of the regular structured packing layout dimensions is given.

Keywords: regular structured packing, aerodynamic resistance, air temperature and air flow, moisturization processes.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В последнее время широкое распространение среди насадочных контактных устройств получили регулярные структурированные насадки (РН). Это объясняется, прежде всего, низким аэродинамическим сопротивлением и высокой массообменной эффективностью. Актуальность исследования новых эффективных моделей РН связана со следующими основными моментами:

сокращением общего объема циркуляционной воды, что приведет к снижению эксплуатационных затрат на электроэнергию и химическую подготовку оборотной воды;

повышением эффективности существующих структурированных насадок, то есть способствовани-ем их работе с большим КПД без привлечения значительных капитальных затрат.

Использование существующих структурированных насадок в увлажнительных устройствах позволяет уменьшить капитальные и эксплуатационные затраты систем кондиционирования воздуха [1, 2].

ЦЕЛЮЮ СТАТЬИ является выбор оптимальных размеров орошаемой насадки с точки зрения аэродинамики и эффективности увлажнения воздуха.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Особый интерес представляет комбинирование геометрических размеров орошаемой насадки при за-

данной поверхности «смачивания» с целью уменьшения аэродинамических сопротивлений (рис. 1).

Варьирование размеров A , B и L позволяет получить оптимальное их соотношение с точки зрения максимальной ассимилирующей способности воздуха по влаге и уменьшению аэродинамического сопротивления насадки.

Как правило, при расчетах орошаемых насадок конечная цель – определение площади поверхности F_n , которая позволит получить требуемые конечные параметры воздуха, подвергаемого тепловлажностной обработке при определенном его массовом расходе G_v .

Объем насадки определяется как

$$V_n = F_n / F_v \text{ м}^3,$$

где F_v – удельная площадь поверхности насадки, $\text{м}^2/\text{м}^3$.

Площадь живого сечения насадки рассчитывается из уравнения сплошности:

$$F_{ж.с} = G_v / \rho_v v \text{ м}^2,$$

где ρ_v – плотность воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Тогда глубина насадки $L = V_n / F_{ж.с}$, м.

Для некоторых типов исследуемых насадок Бротеп-ЕКО (тип 23, 30), Термотех (Одесса), Munters (FA6) в табл. 1 представлены их характеристики при объеме 1 м^3 .

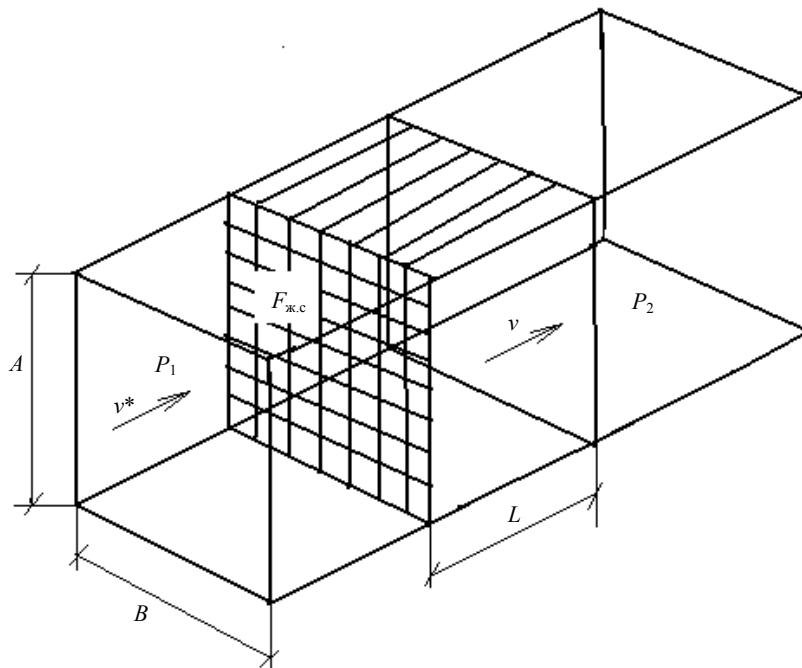


Рис. 1. Геометрические и аэродинамические характеристики насадки: $F = A \times B$ – поперечное сечение насадки, м²; L – глубина насадки, м; v^* – скорость в канале воздуховода, м/с; v – скорость в «живом» сечении насадки, м/с; $\Delta P = P_1 - P_2$ – аэродинамические сопротивления насадки, Па

Таблица 1. Технические характеристики насадок

Параметры	Тип 23	Тип 30	Одесса	FA6
Удельная площадь поверхности насадки, м ²	138	91	560	543
Масса насадки, кг	43,9	21,0	120,1	215,0
Масса «сухой»/«влажной», кг	43,9/50,2	21,0/25,6	120,1/155,3	215,0/262,2

Для всех типов орошаемых насадок, используемых в настоящее время, одной из основных характеристик является удельная площадь поверхности $F_v = 91 \dots 560 \text{ м}^2/\text{м}^3$. Насадки с меньшей удельной площадью используются при производстве градирен, с большей – увлажнительных камер для промышленных кондиционеров [3].

Одним из основных факторов, влияющих на оптимальные габаритные размеры орошаемой насадки, является скорость движения воздуха в «живом» сечении насадки v при заданном расходе G_v . Компоновка насадки осуществлялась варьированием ее поперечного сечения $F_{ж.с}$ и глубиной L .

В табл. 2 приведены данные габаритных размеров некоторых насадок, которые подвергались экспериментальным исследованиям.

Внутренние размеры воздуховода $A \times B$ (рис. 1) составляли $0,35 \times 0,30$ м. В случае если площадь поперечного сечения насадки $F_{ж.с}$ была меньше указанного выше размера, то ее контур уплотнялся по периметру с целью, чтобы весь воздух проходил через «живое» сечение насадки. Для различных сочетаний температур воздуха и воды, орошаемой насадку, проводились экспериментальные исследования.

Экспериментальный стенд выполнен из алюминиевого сплава в виде воздуховода прямоугольного сечения. Движение воздуха осуществляется с помощью центробежного вентилятора с шибером, позволяющим менять расход воздуха. Для охлаждения воздуха, подаваемого на участок стабилизации потока, используется воздухоохладитель с компрессорно-конденсаторным агрегатом. Для нагрева воздуха применяются воздушные ТЭНы. Это позволяет получать температуру воздуха от +10 до +40 °С независимо от температуры окружающей среды. Для смачивания насадки изготовлено оросительное устройство из медных трубок диаметром $\varnothing 10$ мм с отверстиями диаметром $\varnothing 2$ мм (68 шт.). С целью равномерного орошения насадки установлена мелкоячеистая сетка, изготовленная из нержавеющей стали. Подача воды из теплоизолированного бака осуществляется с помощью водяного насоса. Для изменения расхода воды предусмотрена байпасная линия. Расходомер воды (ротаметр РС) позволяет измерять расход. Для охлаждения воды, подаваемой на насадку, использовался водный лед, предварительно подготовленный в льдогенераторе. Для нагрева воды использовались водяные ТЭНы, встроенные в водяном баке. Это позволило получать температуру воды от +5 до +80 °С.

Таблиця 2. Геометрические характеристики насадок

Тип насадки	Высота	Ширина	Площадь поперечного сечения, м ²	Глубина, м
	м			
1. Термотех: $F_n = 12,42 \text{ м}^2$; $V = 0,022 \text{ м}^3$	0,30	0,35	0,1050	0,21
	0,25		0,0875	0,25
	0,20		0,0700	0,31
	0,15		0,0530	0,42
2. Бротеп-ЕКО (Бровары) Тип 23: $F_n = 12,42 \text{ м}^2$; $V = 0,09 \text{ м}^3$	0,30		0,1050	0,86
	0,25		0,0875	1,00
	0,20		0,0700	1,20
	0,15		0,0530	1,60
3. Munters FA6: $F_n = 12,42 \text{ м}^2$; $V = 0,023 \text{ м}^3$	0,30		0,1050	0,22
	0,25		0,0875	0,26
	0,20		0,0700	0,33
	0,15		0,0530	0,43

Примечание: площадь поверхности насадки F_n оставалась неизменной.

Измерение температур осуществлялось с помощью электронного контроллера ELIWELL ID 961 LX. Диапазон измерений $-50...+140 \text{ }^\circ\text{C}$, точность не менее 0,5 %. Дублирующий прибор – ртутный термометр со шкалой 0,1 $^\circ\text{C}$. Для измерения скорости движения воздуха использовался цифровой анемометр EA-3010 techno. Диапазон измерения 0,2...30,0 м/с с погрешностью $\pm 5 \%$. Этим прибором можно также контролировать температуру воздуха. Диапазон $-29,9...+59 \text{ }^\circ\text{C}$ с погрешностью $\pm 5 \%$.

Для измерения относительной влажности воздуха использовался преобразователь относительной влажности емкостный ДВ УТ-02-НИН-(0...100 %)-100-Д с выходом (4...20) мА, максимальная относительно приведенная погрешность измерения влажности 3 % в диапазоне 10...89 %.

Взвешивание насадок до смачивания и после с целью определения толщины пленки воды осуществлялось с помощью электронных весов марки ВР-02МСУ с погрешностью 0,05 %.

Дополнительный контроль температуры и относительной влажности воздуха в точках А, В, С осуществлялся с помощью прибора Л76.059.006.

Аэродинамическое сопротивление насадки определялось с помощью микроманометра ММН-2400(5)-10.

Полученные экспериментальные данные по изменению температуры, влагосодержания и аэродинамического сопротивления представлены на рис. 2, а–в.

Как видно из рис. 2,а, изменение температуры воздуха от глубины насадки имеет практически линейную зависимость. При увеличении глубины насадки на каждые 0,1 м приращение температуры составляет около 1 $^\circ\text{C}$ (2,5 %).

Аналогичную линейную зависимость имеет и изменение влагосодержания воздуха от глубины насадки. При увеличении глубины насадки на каждые 0,1 м приращение влагосодержания составляет около 10 %.

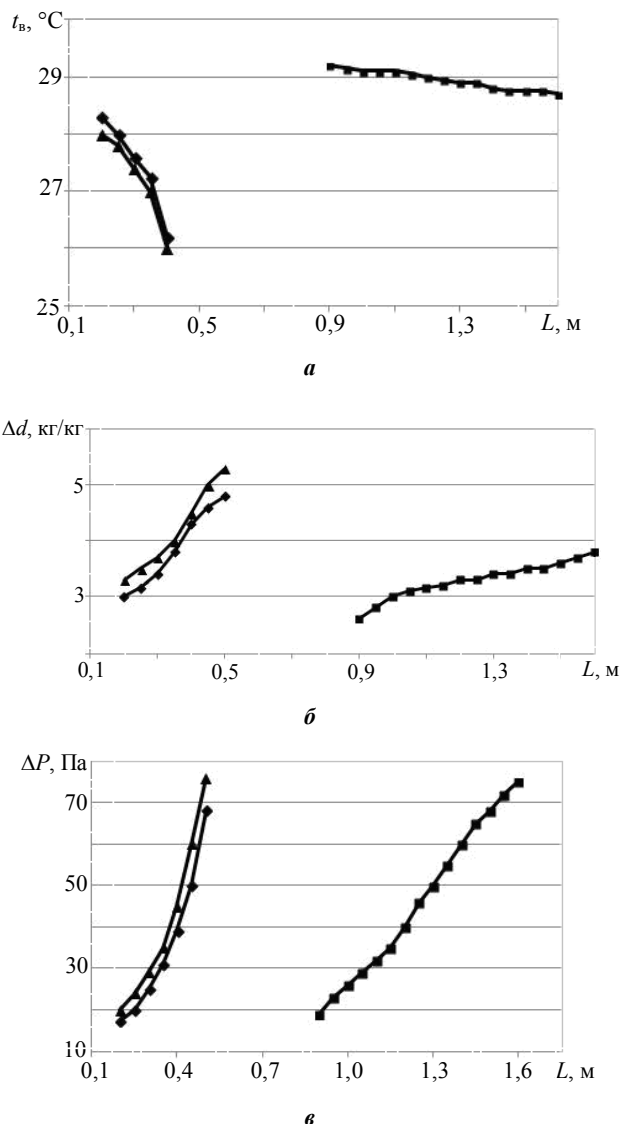


Рис. 2. Зависимость изменения температуры воздуха t_b (а), влагосодержания воздуха Δd (б), аэродинамического сопротивления воздуха ΔP (в) от глубины насадки L : \blacklozenge – Термотех; \blacksquare – Бротеп-ЕКО; \blacktriangle – Munters

Зависимость изменения аэродинамического сопротивления воздуха от глубины насадки, в отличие от температуры и влагосодержания, имеет нелинейную зависимость. Так, при увеличении глубины насадки на каждые 0,1 м, начиная с $L = 0,2$ м, приращение ΔP составляет 120 % ($L = 0,3$) и 290 % ($L = 0,4$).

ВЫВОДЫ

1. Не рекомендуется увеличивать глубину орошаемой насадки более чем на 0,5 м, поскольку при незначительном эффекте изменения температур

и влагосодержания аэродинамическое сопротивление существенно увеличивается, что в конечном итоге повлияет на капитальные и эксплуатационные затраты систем кондиционирования воздуха.

2. Нерационально использовать насадку на базе Бротеп-ЕКО (Бровары) для увлажнительных устройств систем кондиционирования воздуха, поскольку ее габаритные размеры значительно больше по сравнению с насадками Термотех (Одесса) и Munters при заданной поверхности «смачивания».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] **Дмитриева, Г. Б.** Гидродинамика и массообмен в структурированных насадках из гофрированных листов [Текст] / Г. Б. Дмитриева. – Иваново, 2008. – 225 с.
- [2] **Липа, А. И.** Кондиционирование воздуха. Основы теории. Современные технологии обработки воздуха [Текст] / А. И. Липа. – О. : ОГЦНТЭИ, 2010. – 608 с.
- [3] **Рябушенко, А. С.** Гидродинамика и испарительное охлаждение в насадках для градирен [Текст] / А. С. Рябушенко. – М., 2009. – 207 с.

© Н. А. Пищанська

Надійшла до редколегії 04.09.13
 Статтю рекомендує до друку член редколегії Вісника НУК
 д-р техн. наук, проф. *М. І. Радченко*
 Статтю розміщено у Віснику НУК № 4, 2013