

4. Очеретяный, Ю. А. Исследование влияния качки судна на процессы гравитационного пленочного течения рабочего тела в теплообменных элементах абсорбционных холодильных агрегатов (АХА) [Текст] / Ю. А. Очеретяный, В. Х. Кирилов, А. С. Титлов // Наукові праці ОНАХТ/ Мін-во освіти і науки України. – Одеса, 2010 – Вип.38 – Т.2. – С.365-372.
5. Очеретяный, Ю. А. Исследование влияния качки судна на работу абсорбционных холодильных агрегатов (АХА) [Текст] / Ю. А. Очеретяный, А. С. Титлов // Вибрації в техніці та технологіях. – 2011. – № 1. – С.157-167.
6. Smirnov H. F. Heat pipe technology for refrigeration and cooling (principles and practical appliance) / H. F. Smirnov //International workshop "Non Compression Refrigeration and Cooling", June 7-11, 1999, Odessa, Ukraine, 1999. – P. 51–60.
7. Завертаный, В. В. Разработка низкотемпературных камер с абсорбционно-диффузионными холодильными машинами [Текст] : дисс. канд. техн. наук. : 05.04.03 / Владимир Вячеславович Завертаный. – Одесса, 1995. – 223 с.

УДК 62-533.6:62-541.2:681.5.013:681.542.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УВЛАЖНЕНИЯ ВОЗДУХА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДОЗИРОВАННОГО УВЛАЖНЕНИЯ ПЛЕНОЧНЫХ НАСАДОК

Пищанская Н.А., ассистент

Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

В статье проведено экспериментальное исследование процессов увлажнения воздуха при использовании дозированного увлажнения воздуха с помощью регулярных пленочных насадок. Акцентировано внимание на наиболее важных, на данный момент, вопросах обеспечения комфортной воздушной среды и создания микроклимата для большинства современных технологических процессов. На базе экспериментальных исследований установлено время полного испарения влаги для рабочего диапазона скоростей, что определяет рабочий режим увлажнителя с импульсным орошением насадки.

The experimental study of the air humidification processes at using of metered air humidification using regular film nozzles is carried out in this article. The attention is focused on the most significant issues of providing a comfortable air environment and microclimate creation for the latest modern technological processes. On the experimental studies basis the full evaporation moisture time for the working range of velocities was determined, that defines the humidifier with nozzle impulse irrigation operating mode.

Ключевые слова: регулярные пленочные насадки — дозирование — импульсное увлажнение — время испарения.

При выборе увлажнителя важно понимать, какая именно модель лучше подойдет под конкретные требования. Как показывает опыт, наилучшие результаты достигаются при выборе не столько наиболее выгодной с экономической точки зрения модели — что вовсе не означает ее более низкую стоимость, — сколько наиболее оптимальной с точки зрения эффективности кондиционирования воздуха, точности регулирования увлажнения и, в значительной степени, качества исполнения и периодичности обслуживания [1]. Основные критерии, которыми следует руководствоваться при выборе увлажнителя и которые подходят для большинства объектов и технологических процессов:

- производительность увлажнения (максимальная производительность в кг/ч и возможность регулирования производительности);
- схема помещения и тип системы кондиционирования воздуха;
- предпочтительный источник энергии и физический процесс (изотермический/адиабатический);
- конкретные требования объекта эксплуатационные расходы;
- объем первоначальных инвестиций.

Для обеспечения комфортной воздушной среды и создания микроклимата для большинства современных технологических процессов неизбежными являются затраты на увлажнение воздуха. Например, для условий г. Киева эта величина составляет 53,5 % годового времени или 4690 часов. К рассмотрению предлагается пленочное увлажнение, характеризующееся малым энергопотреблением. Для решения вопроса повышения эффективности и снижения эксплуатационных затрат исследовались несколько типов насадок [2].

В качестве экспериментальных образцов выбраны современные регулярные насадки (РН): Термотех-Пром / Украина (полимерные материалы), Бротеп-Эко / Голландия (полихлорвинил), Мунтерс / Швеция (GLASdek). Температура воздуха и воды, соответственно, изменялась в следующих диапазонах: $t_g = 10 \div 40$ °C, $t_w = 5 \div 80$ °C. Скорость воздуха варьировалась в пределах $v = 0,2 \div 30$ м/с, $\delta v = \pm 5$ %. Изменение относительной влажности $\varphi = 10 \div 89$ %, $\delta \varphi = \pm 3$ %. Для смачивания насадки изготовлено специальное оросительное устройство из медных трубок диаметром $\varnothing 10$ мм с отверстиями диаметром $\varnothing 2$ мм (68 шт). С целью равномерного орошения насадки над ней установлена мелкоячеистая сетка, изготовленная из нержавеющей стали. Измерение температур осуществлялось с помощью электронного контроллера ELIWELL ID 961 LX. Для измерения скорости движения воздуха использовался цифровой анемометр EA-3010 techno. Для измерения относительной влажности воздуха использовался преобразователь относительной влажности емкостной с выходом (4...20) мА — ДВ УТ-02-НПН-(0...100 %)-100-Д. С целью определения толщины пленки воды производилось взвешивание насадок до и после смачивания с помощью электронных весов марки ВР-02МСУ с погрешностью $\pm 0,05$ %. Результаты эксперимента представлены в табл. 1, на основании которых определены удельные характеристики, табл. 2.

Таблица 1 – Экспериментальное определение толщины пленки воды для различных типов насадок

Тип насадки	Площадь $F_n, \text{ м}^2$	Объем $V_n, \text{ м}^3$	Масса насадки, кг		Толщина пленки $\delta, \text{ мм}$
			«сухой»	«смоченной»	
Термотех (г.Одесса)	29,4	0,0525	6,305	8,155	0,63
Тип 23 Бротеп-ЕКО	1,36	0,0099	0,198	0,260	0,46
Тип 30 Бротеп-ЕКО	0,91	0,010	0,150	0,203	0,51
MUNTERS	32,3	0,062	7,830	9,535	0,87

Таблица 2 – Удельные характеристики исследуемых насадок

	Параметры	Бротеп-Эко		РН _{Термотех}	GLASdek
		РН-23	РН-30		
1	Площадь поверхности, $\text{м}^2/\text{м}^3$	138	91	560	543
2	Масса «сухой»/ «влаж-ной», $\text{кг}/\text{м}^3$	43,9 / 50,2	21 / 25,6	120,1 / 155,3	215 / 262,2

Экспериментальное исследование проводилось по следующей методике:

- проводилось взвешивание «сухой» насадки;
- насадка погружалась в водяную ванну;
- извлечение насадки, встряхивание и взвешивание «смоченной» насадки.

Согласно экспериментальным и расчетным данным было установлено, что приращение влагосодержания воздуха, проходящего через увлажнительное устройство существенно зависит от температуры воды (чем выше температура, тем больше приращение); соотношения массовых расходов воздуха и воды (чем меньше соотношение, тем больше приращение) и мало зависит от параметров (температура и влагосодержание) воздуха, поступающего в увлажнительное устройство.

Согласно рис. 1 влагосодержание воздуха на входе в увлажнительное устройство составляло 0,009 кг/кг (▲) и 0,003 кг/кг (●).

В случае, когда массовый расход воздуха остается постоянным ($G_g = \text{const}$), а изменяется массовый расход воды C_w , приращение влагосодержания зависит только от температуры воды (рис. 1). Это вполне объяснимо, поскольку во всех случаях ($G_g/C_w = 0,5; 1; 2; 4$) количества воды достаточно для увлажнения воздуха. Поэтому для увлажнительных устройств с РН целесообразно использовать дозированную подачу воды [3].

Также было проведено экспериментальное исследование времени орошения насадки водой. Использовался электронный термометр ELIWELL ID 961 LX для контроля изменения температуры пленки воды во времени (погрешность $\pm 0,05$ °C). Массовый расход воздуха определялся:

$$G_g = v \cdot F \cdot \rho_g, \text{ м}^3/\text{с},$$

где v^* — скорость движения воздуха в канале воздуховода, м/с;
 ρ_a — плотность воздуха, кг/м³;
 $F = 0,115 \text{ м}^2$ — площадь поперечного сечения канала воздуховода, м/с.

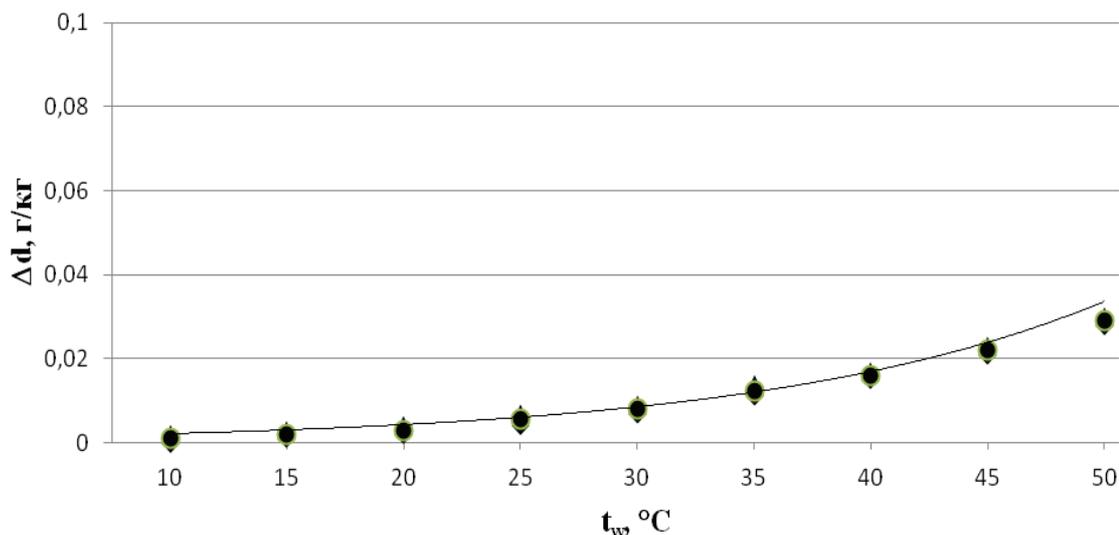


Рис. 1 – Зависимость приращения влагосодержания воздуха от температуры воды для различных соотношений массовых расходов воздуха и воды G_B / C_w

Масса воды, необходимая для смачивания данной поверхности насадки определялась как:

$$m = \delta \cdot F_n \cdot \rho_w, \text{ кг}$$

где δ — толщина пленки воды, мм.

При применении дозирования пленочной насадки водой в проектируемых системах кондиционирования воздуха, касательно увлажнительных устройств с регулярной насадкой возможен вариант установки водяного бака, с которого периодически происходит орошение насадки с помощью открытия водяного клапана. В этом случае необходимость в работе водяного насоса возникает только в случае наполнения самого бака.

Первоначальное время экспозиции орошения насадки 300 с, гарантирующее полное орошение всей поверхности. На рис. 2 представлен график времени испарения воды с поверхности насадки τ в зависимости от скорости воздуха в живом сечении v при неизменном поперечном сечении канала F и площади насадки F_n .

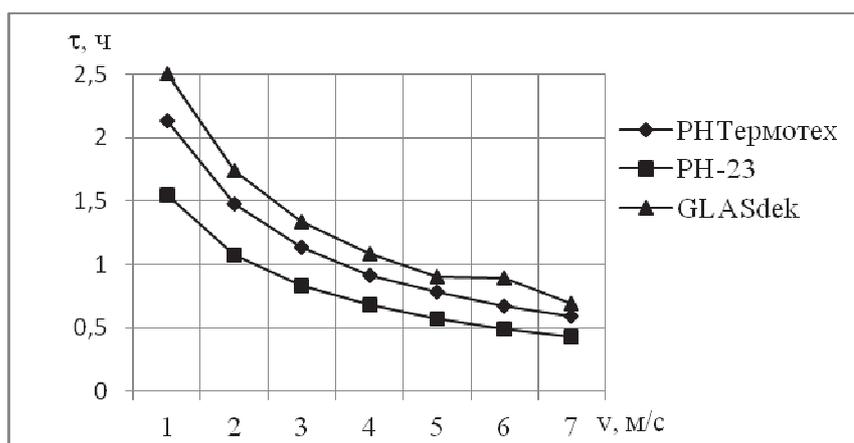


Рис. 2 – Зависимость времени испарения воды τ с поверхности насадки от скорости потока воздуха в живом сечении насадки v

На рис. 3 показана полученная экспериментальным путем зависимость изменения температуры пленки воды t_w от различных массовых расходов воздуха G_B . В процессе работы увлажнительного уст-

ройства после очередного импульсного орошения насадки температура пленки воды остается постоянной и в дальнейшем начинает понижаться по мере испарения воды. Наступает такой момент времени, когда происходит повышение t_w , это означает, что влага практически испарилась и необходимо очередное дозирование.

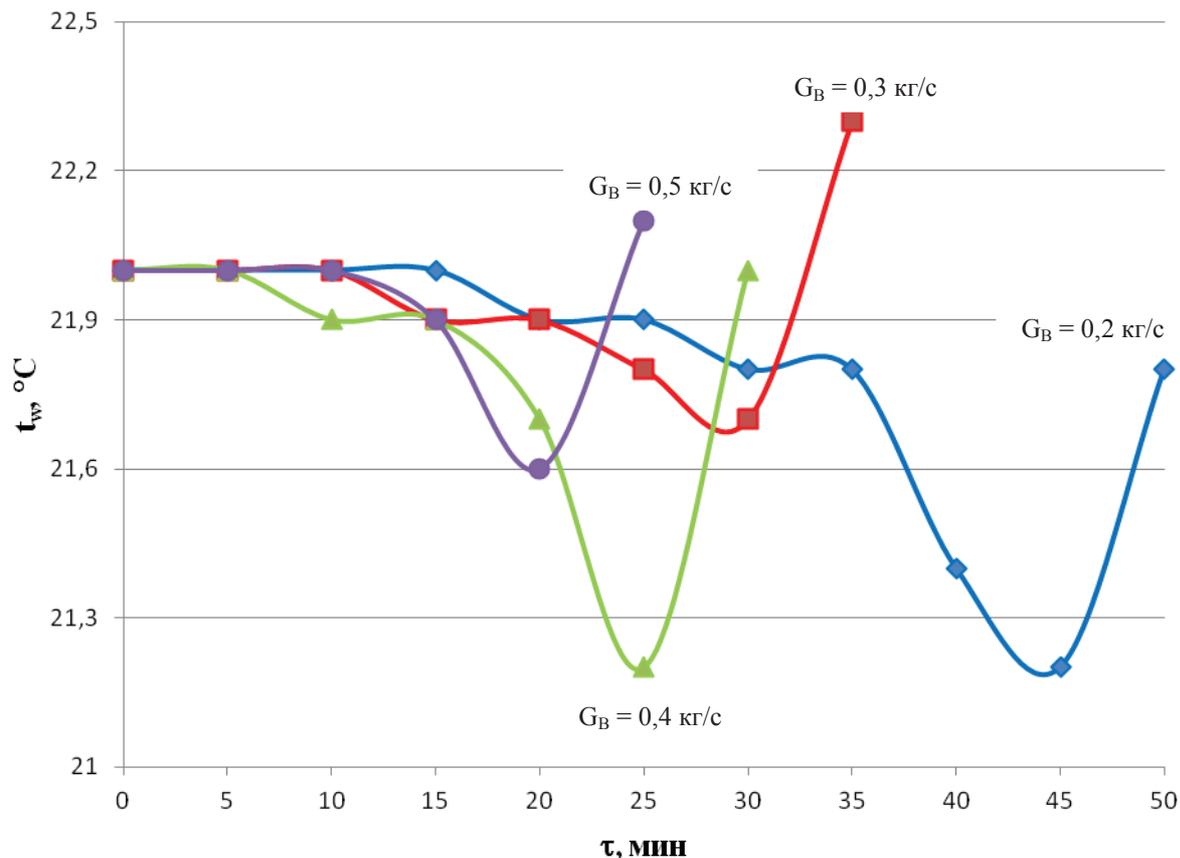


Рис. 3 – Залежність зміни температури плівки води від масового витрату повітря G_B

Інтервал між імпульсними зрошеннями в залежності від масових витрат складає від 20 до 40 хвилин.

Висновки

На основі аналізу результатів проведених експериментальних досліджень встановлено час повного випарювання вологи для робочого діапазону швидкостей, що визначає робочий режим зволожувача з імпульсним зрошенням насадки. Це обумовлює відмову від традиційного оборотного циклу (виключається небезпека розмноження бактерій), і дозволяє значно економити витрату води (лише 15...30 % її використовується для випарювання і зволоження).

Література

1. Липа О.І., Подмазко Н.О., Аль-Сагаф М.А. Аналіз сучасних проблем вологісної обробки повітря в системах комфортного кондиціонування / О.І. Липа, Н.О. Подмазко, М.А. Аль-Сагаф // Збірник наукових праць 3-ї міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні проблеми холодильної техніки і технології». – Одеса, 2003. – С. 51–56.
2. Пищанская Н.А. Экспериментальное исследование пленочных увлажнителей в режиме полного безостаточного испарения / Н.А. Пищанская // Збірник тез доповідей. Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих вчених та студентів «Стан, досягнення і перспективи холодильної техніки і технології». – ОДАХ, 2011. – С. 85–86.
3. Пищанская Н.А. Исследование режима увлажнения воздуха с импульсным орошением насадок / Н.А. Пищанская // Тезисы докладов. «Инновационные разработки в области техники и физики низких температур», Москва, 2011. – С. 34–37.