

Всероссийское СМИ

«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»

Свидетельство о регистрации ЭЛ №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.

(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Сайт: akademnova.ru

e-mail: akademnova@mail.ru

Шарпар Н.М., Жмакин Л.И., Османов З.Н. Теплообмен в условиях вынужденной конвекции воздуха в капиллярно-пористом нетканом материале // Материалы по итогам VI –ой Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы современности: взгляд молодых исследователей», 01 – 10 ноября 2018 г. – 0,2 п. л. – URL: http://akademnova.ru/publications_on_the_results_of_the_conferences

СЕКЦИЯ: ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Шарпар Н.М.,

Жмакин Л.И.,

Османов З.Н.

Российский государственный университет имени А.Н.

Косыгина,

г. Москва, Российская Федерация

ТЕПЛООБМЕН В УСЛОВИЯХ ВЫНУЖДЕННОЙ КОНВЕКЦИИ ВОЗДУХА В КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТОМ НЕТКАНОМ МАТЕРИАЛЕ

При фильтрационной сушке пористых тел горячий воздух движется через разветвленную сеть внутренних пор и интенсивно нагревает материал за счет конвективного теплообмена. Поэтому такой нагрев обладает наивысшей эффективностью. В данной статье предпринято экспериментальное исследование конвективной теплоотдачи и эффективности процесса теплообмена [1, 2] в нетканом капиллярно-пористом материале с учетом влияния температурных полей, расхода воздуха и его теплофизических параметров. Полученные результаты будут полезны не только для задач фильтрационной сушки, но и при разработке рекомендаций для тепловой изоляции на базе нетканых материалов в условиях обдува.

Для реализации поставленных целей была разработана экспериментальная установка. Её рабочий участок имел верхний 3 и нижний 10 блоки, в которых размещались спай хромель - копелевых (ХК) термопар 7 и 8 (см. рис.1).

Образец нетканого капиллярно-пористого материала 4 помещался на выступ в рабочей зоне 13; это обеспечивало плотное прижатие его верхним блоком 3 и прилегание термопар снизу 8 и сверху 7. Мощность нагнетателя 1, предназначенного для прососа воздуха, регулировалась при помощи лабораторного автотрансформатора (ЛАТР) №1; при этом воздух проходил через нагревательный элемент 2, после которого была установлена термопара 5. Изменение напряжения на нагревательном элементе обеспечивал ЛАТР №2.

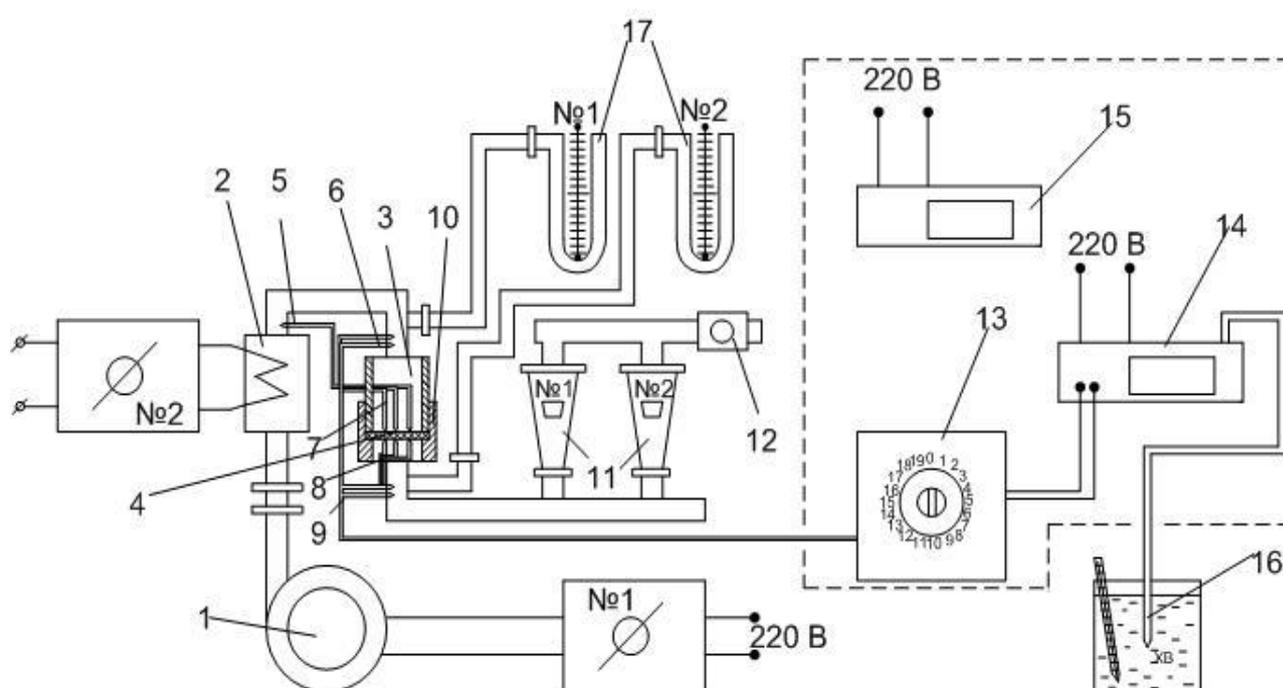


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Нагретый воздух по цилиндрическому термостойкому шлангу поступал в рабочий участок, а его температура перед рабочей зоной измерялась термопарами 6. На выходе из рабочей зоны были установлены термопары 9. Все термопары через переключатель 13 подключались к милливольтметру 14 марки В7-21А. Также в измерительной схеме присутствуют два ротаметра 11 для фиксации расхода воздуха при ламинарном (№1) и турбулентном (№2) режимах его течения, газовый счетчик 12, два манометра 17 для замера давления воздуха до (№1) и после (№2) образца исследуемого материала. Имелись также два термометра для определения температуры в лаборатории и холодной воды в резервуаре с термопарой 16, замеры интервалов времени проводились с помощью секундомера.

Для анализа процесса теплопередачи [3] в исследуемом материале использовалось дифференциальное уравнение энергии в виде

$$g_{\epsilon} c_{p\epsilon} \frac{dt_{\epsilon}}{dx} = \alpha_v \cdot (t_{\epsilon} - t_m), \quad (1)$$

которое описывает убыль энтальпии воздуха, движущегося в пористом слое, за счет теплоотдачи к волокнам.

В этом уравнении $g_{\epsilon} = \rho_{\epsilon} w_{\phi}$ - удельный расход воздуха, t_{ϵ} и t_m - температуры воздуха и материала, соответственно, x - толщина пористого слоя, α_v - коэффициент объемной теплоотдачи. Присутствие в (1) объемного коэффициента теплоотдачи обусловлено сложной геометрией внутренних каналов пористого тела. Объемная теплоотдача описывается формулой $\alpha_v = \alpha_f S_v$, где α_f - средний коэффициент теплоотдачи отдельных волокон к воздуху, а S_v - удельная поверхность пор в расчете на единицу объема пористой среды.

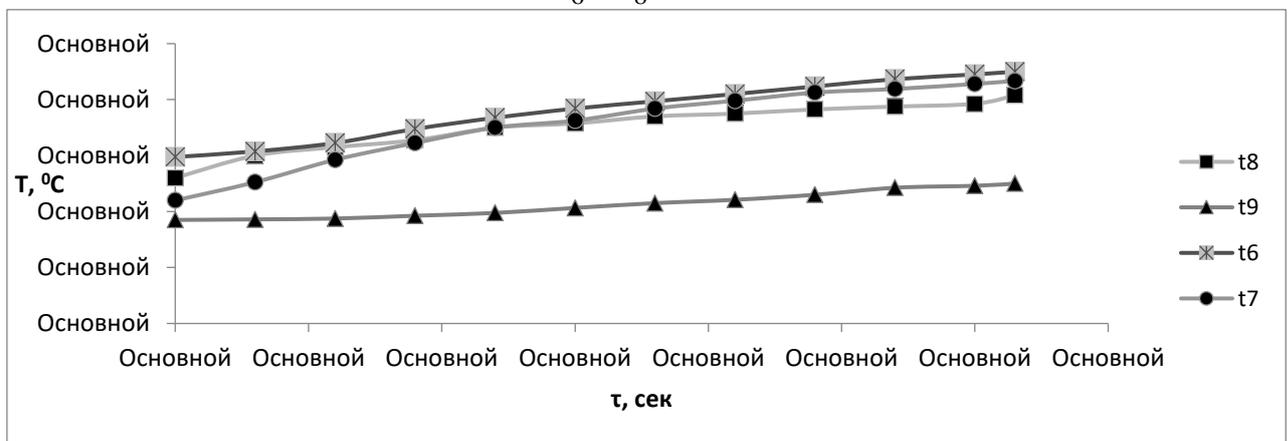
В экспериментах нами использовались образцы шерстяного войлока диаметром 50 мм толщиной $\delta = 5 \dots 10$ мм, расход воздуха через них был равен 5,8 г/с. Пористость образцов (ϵ) и эффективный диаметр пор были измерены в [2] и в среднем составили 0,62 и 33 мкм, соответственно. При таких значениях расчетные оценки удельной поверхности войлока имели порядок $S_v = 75000 \text{ м}^2/\text{м}^3$. Гидравлическая извилистость поровых каналов принималась равной $T=1$.

Величины коэффициентов объемной теплоотдачи в войлоке по нашим экспериментальным данным составили $\alpha_v = 36000 \dots 40000 \text{ Вт}/\text{м}^3\text{Гр}$; соответственно, поверхностная теплоотдача в порах материала изменялась в пределах $\alpha_f = 0,48 \dots 0,53 \text{ Вт}/\text{м}^2\text{Гр}$.

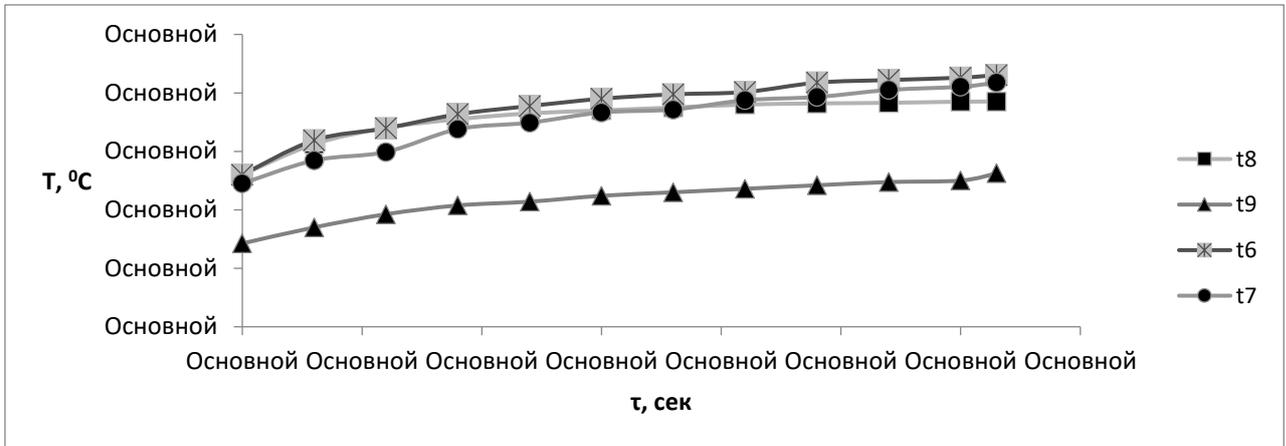
На рис. 2 представлены температурные зависимости для разных образцов, полученные в экспериментах. Номера кривых соответствуют номерам термопар на рис. 1.

Эффективность теплообмена в исследуемых образцах описывалась с помощью безразмерной температуры (температурного фактора):

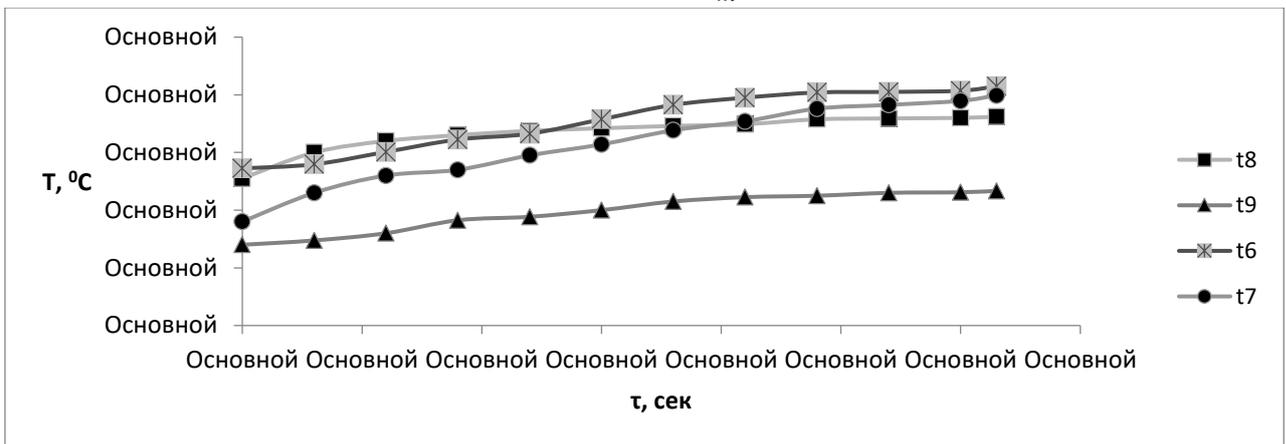
$$\theta = \frac{t_6 - t_7}{t_6 - t_8} \quad (2)$$



A - $\delta = 5 \text{ мм}$, $G_m = 5,8 \text{ г/с}$.



Б - $\delta = 8 \text{ мм}$, $G_m = 5,8 \text{ г/с}$.



В - $\delta = 10 \text{ мм}$, $G_m = 5,8 \text{ г/с}$.

Рис.2. Температурные поля при движении воздуха через исследуемый образец

Результаты расчетов эффективности теплообмена θ [4] показаны на рис.3 и описаны зависимостью $\theta = f(\text{Re}_\epsilon)$, в которой число Рейнольдса определено по формуле

$$\text{Re}_\epsilon = \frac{w_n d_n}{\nu_\epsilon}, \quad (3)$$

где ν_ϵ – коэффициент кинематической вязкости воздуха, w_n – средняя скорость воздуха в порах ($w = w_\phi / \epsilon$), d_n – средний диаметр поровых каналов.

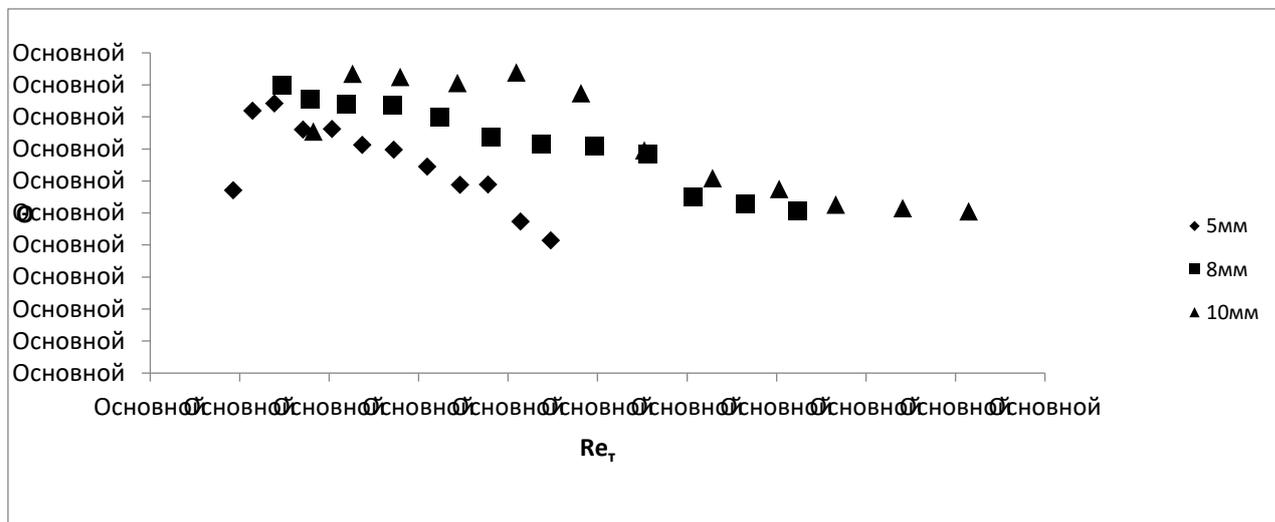


Рис.3. Результаты расчетов эффективности теплообмена θ в войлоке

Таким образом, в экспериментах получены опытные данные по теплоотдаче и эффективности конвективного теплообмена в порах шерстяного войлока. Подтверждена высокая эффективность конвективного теплообмена при фильтрационном движении воздуха благодаря развитой поверхности его контакта с волокнами.

Список использованной литературы:

1. Кришер О. Научные основы техники сушки. М.: Изд-во иностранной литературы, 1961, 539 с.
2. Шарпар Н.М. Разработка методов исследования теплофизических свойств нетканых материалов: Дисс. канд. техн. наук. Москва, 2013. – 135 с.
3. Жмакин Л.И., Шарпар Н.М. Исследование кинетики сушки нетканого материал в условиях вынужденной конвекции. Известия вузов. «Технология текстильной промышленности». Иваново, 2013. №5, С.113-115.
4. Жмакин Л.И., Шарпар Н.М. Эффективность теплообмена при вынужденной конвекции теплоносителя (воздух) через пористые слои капиллярно-пористого текстильного материала. Хим. волокна, 2014. №2, С.56-59.

Опубликовано: 01.11.2018 г.

© Академия педагогических идей «Новация», 2018

© Шарпар Н.М., Жмакин Л.И., Османов З.Н., 2018