

**Перспективы применения наномодифицированных
теплоаккумулирующих материалов для регенеративных
теплообменников**

Ермолаева Анна Михайловна

*Тамбовский государственный технический университет
магистрант*

Парамонова Наталия Викторовна

*Тамбовский государственный технический университет
магистрант*

Хробак Анастасия Витальевна

*Тамбовский государственный технический университет
магистрант*

Аннотация

В статье показана перспективность использования в самоспасателях на основе нанодпероксида калия новых типов теплообменников – с применением наномодифицированного парафина. Представлена методика экспериментальных исследований. Обоснована эффективность теплообменников содержащих наномодифицированный парафин по сравнению со стандартными теплообменными элементами.

Ключевые слова: средства защиты органов дыхания, области применения, методика исследований, наномодифицированный парафин.

**Prospects of application of nanomodified heat-accumulating materials for
regenerative heat exchangers**

Ermolaeva Anna Mihailovna

*Tambov State Technical University
Master student*

Paramonova Nataliya Viktorovna

*Tambov State Technical University
Master student*

Khrobak Anastasiya Vital'evna

*Tambov State Technical University
Master student*

Abstract

The article shows the promise of use in self-rescuers based on potassium peroxide new types of heat exchangers - based on nanomodified paraffin. The technique of

experimental research is presented. The efficiency of heat exchangers containing nanomodified paraffin compared to standard heat exchange elements has been substantiated.

Keywords: means of protection of the respiratory organs, application areas, research methods, nanomodified paraffin.

Повышение техногенной опасности и рост численности мегаполисов диктует особые требования к средствам безопасности населения, которые могут быть использованы в чрезвычайных ситуациях. Высокую эффективность показывают самоспасатели, которые работают на технологиях преобразования CO₂ в O₂ за счет химических процессов происходящих в надпероксида калия. Однако, недостатком таких самоспасателей является высокая температура на входе. Решение этого вопроса рассмотрено в работах [1-4].

Техническая реализация снижения температуры на входе решается с помощью регенеративного теплообменника, который представляет собой пластмассовый цилиндр, в котором размещается гофрированная металлическая лента, свернутая в спираль. Такой элемент необходим для снижения температуры ГДС (газовой дыхательной смеси) на входе, чтобы предотвратить ожоги легких человека, использующего самоспасатель. Исследование существующих конструкций регенеративного теплообменника и исследование возможных способов модифицирования поможет улучшить эргономические, технические, экономические и другие показатели эффективности самоспасателя.

В статье [5] отмечена роль регенеративного теплообменника в самоспасателях, виды его модификации различными материалами, в том числе УНМ, проведены испытания самоспасателей, а также испытания образцов регенеративных теплообменников на основе наномодифицированного парафина. Анализ результатов испытаний позволил сделать вывод, что повышение эффективности регенеративного теплообменника за счет повышения теплоемкости теплообменного элемента имеет большой потенциал для самоспасателей.

Основным направлением совершенствования регенеративных теплообменников является применение новых материалов [6-9]. Особую роль приобретают термоустойчивые теплоаккумулирующие материалы [6,7]

Целью исследований является улучшение параметров теплообменного элемента, использующегося в дыхательных аппаратах, на основе надпероксида калия, а также исследование влияния углеродных наноструктур на теплоаккумулирующий материал.

Методика проведения экспериментов

Целью экспериментального исследования является определение диапазона изменения коэффициентов теплоотдачи от газоздушного потока в регенеративном теплообменнике для индивидуального дыхательного аппарата.

В процессе проведения испытаний на экспериментальной установке (рис. 1) исследовались следующие параметры:

- температура воздуха на входе в исследуемый образец, °С;
- температура воздуха в двух промежуточных точках исследуемого образца, °С;
- температура воздуха на выходе из исследуемого образца, °С;
- температура среды в нагревательной камере, °С;
- объемный расход воздуха, л/мин.

Испытания проводились для четырех различных значений температуры среды в нагревательной камере: $t_1 = 40$ °С, $t_2 = 60$ °С, $t_3 = 78$ °С, $t_4 = 92$ °С.

На рисунке 1 представлена схема экспериментальной установки для испытания различных типов теплообменников для самоспасателей.

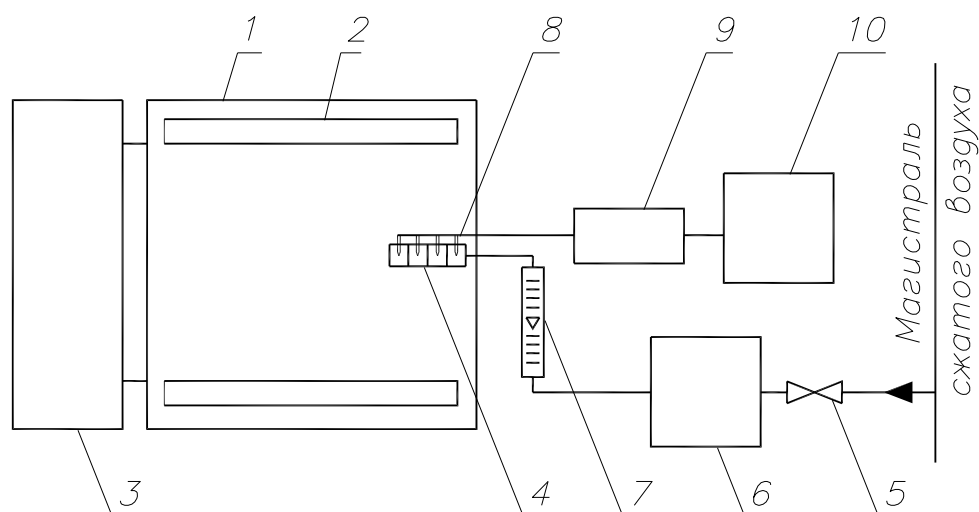


Рисунок 1 - Схема экспериментальной установки.

1 – нагревательная камера; 2 – нагревательные элементы; 3 – контрольно-измерительный стенд; 4 – исследуемый образец; 5 – регулирующий вентиль; 6 – осушитель воздуха; 7 – ротаметр; 8 – термопары; 9 – модуль аналогового ввода данных; 10 – персональная ЭВМ

В процессе проведения эксперимента нагревательную камеру помещают исследуемые образцы теплообменных элементов с комплектацией достаточной для оценки работы в составе самоспасателя. Образцы регенеративных теплообменников (рисунок 2) представляют собой пластмассовые цилиндры, в которых установлены теплообменные элементы на основе алюминиевой насадки (двойная гофрированная лента, свернутая в спираль) и теплообменного элемента содержащего наномодифицированный парафин с УНТ – образец №1 и модифицированный графеном – образец №2. Для продольной фиксации секций насадки используются скобы. На входе в исследуемый образец, между пакетами насадки и на выходе в отверстиях силиконовой трубки установлены термопары ХК, таким образом, чтобы спай термопары был расположен вблизи центральной оси образца. Это сделано для снижения инерционности измерений температуры.

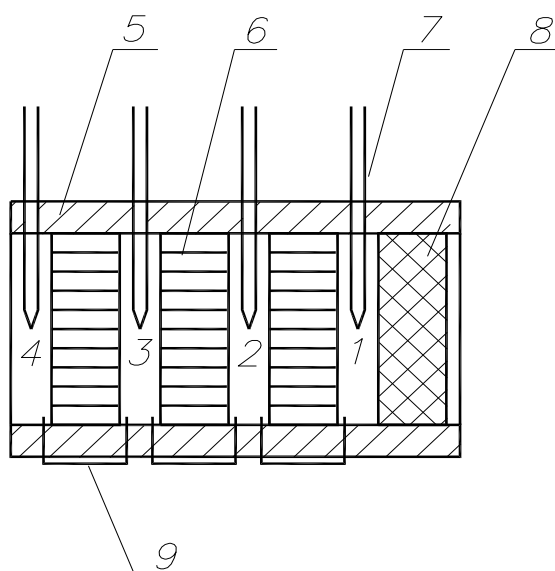


Рисунок 2 - Схема исследуемого образца.

1-4 – контрольные точки; 5 – пластмассовая цилиндрическая трубка; 6 – алюминиевая насадка; 7 – термодатчики; 8 – тканевый элемент; 9 – скобы для фиксации насадки

На рис. 3 и 4 представлены образцы для испытаний.

В таблице 1 представлены условия испытаний теплообменников.

Таблица 1 – Условия испытания теплообменников

Атмосферное давление, мм.рт.ст.	743
Температура испытания, °С	22
Легочная вентиляция, л/мин	55,0
Частота дыхания, 1/мин	25
Подача диоксида углерода, л/мин	2,28
Потребление кислорода, л/мин	2,28

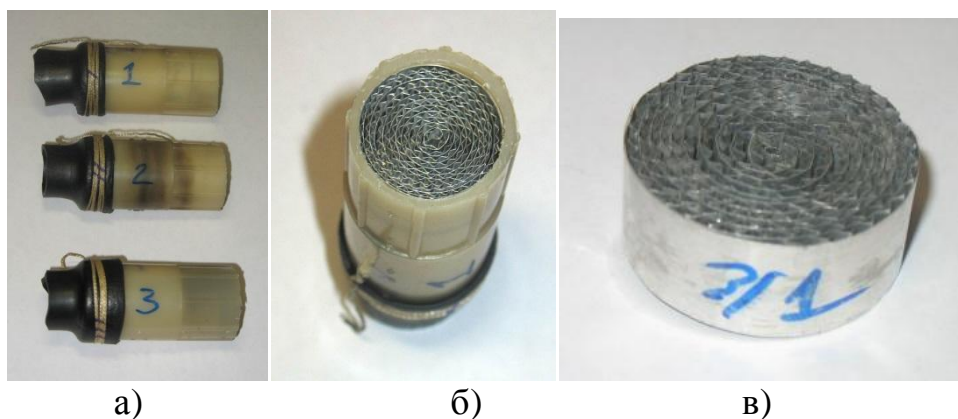


Рисунок 3 – Испытательные образцы.

а – общий вид; *б* – вид с торца; *в* – гофрированная алюминиевая насадка

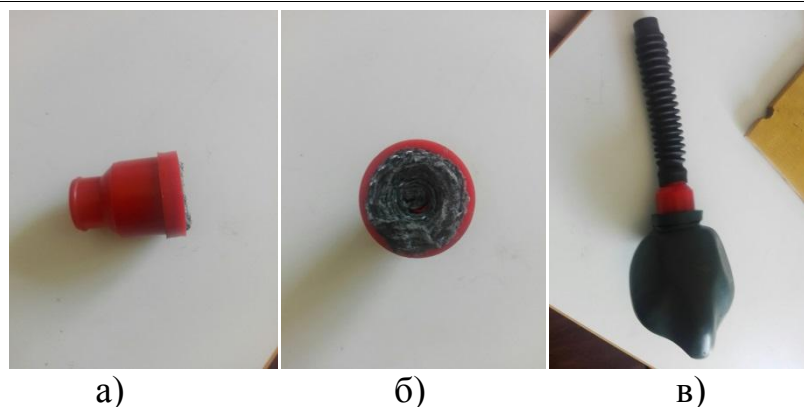


Рисунок 4 - Теплообменник на основе наномодифицированного парафина
 а) вид сбоку; б) фронтальный вид; в) теплообменник в комплекте с маской и
 подающей гофрированной трубкой

В таблице 2 представлены результаты испытания регенеративных теплообменников с различными типами теплообменных элементов для самоспасателей.

Таблица 2 - Сравнительная таблица результатов испытаний регенеративных теплообменников для самоспасателей

Время, мин	ΔT , Образец №1 (Таунит)	ΔT , Образец №3 (графен)	ΔT , стандартный теплообменник
1	7,8	16	2,4
5	18,6	21,8	12,7
10	22,5	26	13
15	24,5	26,2	16,5
20	23	26,5	15,3
25	26,2	25,8	13,6
30	23,2	28,4	12

Повышение эффективности теплообменников на основе наномодифицированного парафина связано с большей теплоемкостью материала. Стоит отметить, что применение чистого парафина не возможно по 2 причинам. Первая причина чистый парафин при достижении температуры плавления течет и вторая причина низкая теплопроводность. Решение этих вопросов связано с применением технологии наномодификации.

В таблице 2 показаны результаты испытания самоспасателя с теплообменником на основе наномодифицированного парафина

Поведение теплообменника (образца №1) в процессе преобразования CO_2 в O_2 показывает, высокую эффективность этого процесса.

Таблица 2 – Результаты испытания самоспасателя с теплообменником на основе наномодифицированного парафина для образца №1

Время, Мин	Конц. CO ₂ , %		Конц. O ₂ , %	Сопротиввл. дыханию, мм.вод.ст.		Т перед т/об, °С	Т за т/об, °С	Т на вдохе, °С
	Вдох	Выдох		Вдох	Выдох			
0	0,18	3,98	20			22,8	22,8	23,7
1	0,20	4,98	23	140	140	57,8	38,0	30,2
5	0,94	5,0	89	150	140	78,3	44,0	37,6
10	1,15	5,3	96	160	150	84,1	45,3	40,3
15	1,32	5,6	96	170	170	86,7	47,7	41,7

Общие выводы

Исследованы характеристики теплообменника на основе наномодифицированного парафина в сравнение с существующими теплообменниками. Испытания образцов показали, что применение парафиновых модифицированных углеродными нанотрубками и графена показывают лучший результат охлаждения ГДС.

Проведены сравнительные испытания теплообменника и на основе полученных данных установлена целесообразность усовершенствования самоспасателей путем применения нового типа теплообменников с применением наномодифицированных парафинов.

Библиографический список

1. Изолирующие дыхательные аппараты и основы их проектирования: учебное пособие / С.В. Гудков, С.И. Дворецкий, С.Б. Путин, В.П. Таров. М.: Машиностроение, 2008. 188 с.
2. Средства индивидуальной защиты: справочное руководство / П.И. Басманов, С.Л. Каминский, А.В. Коробейникова, М.Е. Трубицина. СПб.: ГИПП «Искусство России», 2002. 400 с.
3. ГОСТ Р 12.4.220–2001. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Аппараты изолирующие автономные с химически связанным кислородом (самоспасатели) Общие технические требования. Методы испытаний. Введ. 2001-08-21. М.: Изд-во стандартов, 2001. 19 с
4. Титов П.С. Проблемы проектирования дыхательных аппаратов // Постулат. 2017. №8. С. 20
5. Щегольков А.В., Щегольков А.В., Попова А.А. Теплоаккумулирующий материал для регенеративных теплообменников // Современные твердофазные технологии: теория, практика и инновационный менеджмент. Материалы VIII Международной научно-инновационной молодежной конференции. 2016. С. 260-261.
6. Щегольков А.В., Щегольков А.В. Исследование термической устойчивости наномодифицированных теплоаккумулирующих

- материалов // Современные твердофазные технологии: теория, практика и инновационный менеджмент. Материалы IX Международной научно-инновационной молодежной конференции. 2017. С. 189-191.
7. Щегольков А.В., Щегольков А.В. Наномодифицированные материалы для тепловых аккумуляторов на основе аддитивной технологии // Технологии и материалы для экстремальных условий (лазерные технологии, источники тока и материалы). Материалы докладов участников 12-ой Всероссийской научной конференции. 2017. С. 279-284.
 8. Щегольков А.В., Краснянский М.Н., Ткачев А.Г. Термоустойчивые наномодифицированные теплоаккумулирующие материалы // Графен и родственные структуры: синтез, производство и применение. Материалы II Международной научно-практической конференции. 2017. С. 394-396.
 9. Щегольков А.В., Щегольков А.В., Плотницкий И.О. Применение наномодифицированных теплоаккумулирующих материалов для солнечных энергетических установок // Вестник аграрной науки Дона. 2017. Т. 4. № 40. С. 46-52.