

## Исследование производственных загрязнений спецодежды на объектах нефтяной отрасли

Ирина В. Черунова	<sup>1</sup>	<a href="mailto:i_sch@mail.ru">i_sch@mail.ru</a>
Елена В. Яковлева	<sup>1</sup>	<a href="mailto:yakovlevaev54@mail.ru">yakovlevaev54@mail.ru</a>
Екатерина Б. Стефанова	<sup>1</sup>	<a href="mailto:o.stefanova2012@yandex.ru">o.stefanova2012@yandex.ru</a>
Ирина В. Куренова	<sup>1</sup>	<a href="mailto:smolli6519@mail.ru">smolli6519@mail.ru</a>

<sup>1</sup> Донской государственный технический университет, Шевченко, 147, г. Шахты, 346500, Россия

**Реферат.** В статье представлены результаты исследования системы взаимодействия поверхности защитной одежды с загрязняющими компонентами производственных объектов нефтяной и нефтеперерабатывающей отрасли. Обоснован вектор развития сегмента спецодежды для нефтезащиты. Обоснованы агрессивные компоненты производственной среды нефтяного сектора экономики по отношению к защитным функциям специальной одежды. Нефть и продукты нефти приводят к изменению свойств текстильных материалов, которые зависят от концентрации агрессивных компонент в структуре текстильных материалов. Представлены результаты исследования взаимодействия нефтепродуктов с текстильной композицией тканой структуры с защитными свойствами. На основе исследования 50 костюмов, прошедших эксплуатационный цикл 1 сезона установлены зональные ограничения участков поверхности одежды неравномерной защиты. Установлены зоны одежды, которые приводят к рискам защитного эффекта оболочки. С применением метода определения олеофобного эффекта представлены результаты экспериментальных исследований концентрации нефтепродуктов в текстильных материалах после химической очистки на основе метода газовой капиллярной хроматографии. Выявлено, что основной компонент с высоким уровнем концентрации загрязняющих веществ – углеводороды от C<sub>14</sub>H<sub>30</sub> Tetradecane до C<sub>36</sub>H<sub>74</sub> Hexatriacontane. Установлены средние значения концентрации углеводородов на очищенных образцах для основных участков поверхности одежды. С применением методов акустической эмиссии экспериментально установлен уровень контактной активности проницаемости жидкой фазы сырой нефти в структуру тканого текстиля на границе сред. Экспериментально оценено влияние такого насыщения нефтяными фракциями тканей защитной одежды на её прочность. На основе экспериментальных данных выявлены химические композиции активных фаз, составляющих контактные материалы производственных загрязнений на объектах нефтепереработки. Разработаны рекомендации по совершенствованию системы индивидуальной защиты с учетом химически агрессивных компонент при взаимодействии человека с загрязняющей средой.

**Ключевые слова:** Защитные свойства, текстиль, нефтяные загрязнения, химический анализ, химическая чистка

## Investigation of industrial contamination of protective clothing at oil industry sector

Irina V. Cherunova	<sup>1</sup>	<a href="mailto:i_sch@mail.ru">i_sch@mail.ru</a>
Elena V. Yakovleva	<sup>1</sup>	<a href="mailto:yakovlevaev54@mail.ru">yakovlevaev54@mail.ru</a>
Ekaterina B. Stefanova	<sup>1</sup>	<a href="mailto:o.stefanova2012@yandex.ru">o.stefanova2012@yandex.ru</a>
Irina V. Kurenova	<sup>1</sup>	<a href="mailto:smolli6519@mail.ru">smolli6519@mail.ru</a>

<sup>1</sup> Don State Technical University, Shevchenko, 147, Shakhty, 346500, Russia

**Summary.** The article presents the research results of the interaction of the protective clothes surface with polluting components of production facilities of the oil and oil refining industry. The development direction of an oil-resistant clothing segment is proved. The aggressive components of the production environment of the oil sector are substantiated with respect to the protective functions of special clothes. Oil and petroleum products lead to a change in the properties of textile materials. This depends on the concentration of aggressive components in the structure of textile materials. The research results of the interaction of petroleum products with a textile composition of a woven structure with protective properties are presented. Based on the study of 50 suits that have passed the operational cycle of one season, restrictions are established on the areas of the clothing surface of uneven protection. Clothing zones risk-affected loss of protective effect is established. The results of experimental studies of the concentration of petroleum products in textile materials after chemical purification based on the method of gas capillary chromatography are presented. It was found that the main component with a high concentration of pollutants is hydrocarbons from C<sub>14</sub>H<sub>30</sub> Tetradecane to C<sub>36</sub>H<sub>74</sub> Hexatriacontane. The average values of the concentration of hydrocarbons on the purified samples for the main parts of the clothing surface were established. Using the methods of acoustic emission, the experimental level of contact activity of the permeability of the liquid phase of crude oil in the structure of woven textiles at the boundary of media is established. The effect of the saturation of protective clothing by the petroleum fractions on its strength has been experimentally evaluated. The chemical compositions of the active phases were identified on the basis of experimental data. This is the contact materials of industrial pollution at oil refining facilities. Recommendations have been developed to improve the system of individual protection of man during interaction with a polluting environment taking into account chemically aggressive components.

**Keywords:** Protective properties, textiles, oil pollution, chemical analysis, dry cleaning

Для цитирования

Черунова И.В., Яковлева Е.В., Стефанова Е.Б., Куренова И.В. Исследование производственных загрязнений спецодежды на объектах нефтяной отрасли // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 3. С. 346–351. doi:10.20914/2310-1202-2018-3-346-351

For citation

Cherunova I.V., Yakovleva E.V., Stefanova E.B., Kurenova I.V. Investigation of industrial contamination of protective clothing at oil industry sector. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 3. pp. 346–1. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-3-346-351

**Введение**

Нефтедобыча относится к одной из основных отраслей народного хозяйства. Добычу нефти в России осуществляют более 240 нефтедобывающих организаций. Объем инвестиций

в нефтедобывающую промышленность занимает первое место среди остальных отраслей топливно-энергетического комплекса (ТЭК) (таблица 1).

Оценка Минэкономки России потребности ТЭК в инвестициях за счет всех источников финансирования, млрд долл. [1]

Таблица 1.

Estimate of Ministry of Economy of the Russian Federation needs Fuel and Energy Complex in investments at the expense of all sources of financing, billions of dollars [1]

Table 1.

Отрасли ТЭК   Branches of the fuel and energy complex	1999 г.	2000 г.	2000– 2005 гг.	2006– 2010 гг.	2011– 2015 гг.	Всего за последние 5 лет   In the last 5 years
Нефтедобывающая промышленность   Oil-producing industry	1,8	2,2	15,0	27,0	40,0	82,0
Нефтеперерабатывающая промышленность   Oil refining industry	0,2	0,2	1,5	2,5	2,8	6,8
Транспорт нефти и нефтепродуктов   Transportation of oil and oil products	0,2	0,6	3,5	4,0	5,0	12,5
Газовая промышленность   Gas industry	2,5	4,4	17,0	21,5	29,0	67,5
Угольная промышленность   Coal industry	0,2	0,2	1,1	2,1	2,6	5,8
Электроэнергетика, в том числе   Power engineering, including	1,2	1,1	6,6	11,7	21,9	49,2
– традиционная traditional	1,1	1,0	4,7	8,8	13,5	27,0
– атомная atomic	0,1	0,1	1,9	2,9	8,4	13,2
<b>ИТОГО ТЭК   TOTAL TEK</b>	<b>6,1</b>	<b>8,7</b>	<b>44,7</b>	<b>68,8</b>	<b>101,3</b>	<b>214,8</b>

За последние три года добыча и экспорт нефти выросли более чем на 20%. К 2030 году только в Восточной Сибири она будет составлять 14% общей добычи в РФ. В настоящее время Россия добывает более 450 млн т нефти в год. Добыча нефти ведется не только наземным способом, но и на платформах, расположенных в море. На условия труда работников нефтегазовой промышленности большое влияние оказывают негативные условия окружающей среды (ветер, дождь, пониженные температуры и т. д.) и продукты производства (сырая нефть и нефтепродукты, горючие газы, пары или пыль), находящиеся в воздушной среде. Аналогичному воздействию подвергаются костюмы рабочих спасательных подразделений и МЧС при ликвидации последствий аварийных разливов нефти.

Установлено [2], что в условиях нефтедобычи основной вредный для человека фактор среды – это нефть и ее производные, которые в сочетании с природной температурой и составом газов приводят к повышенным рискам нарушения комплексной защиты, гигиенических параметров пододежного пространства и даже воспламенения.

Исследовав влияние внешних факторов на спецодежду при нефтедобыче установили, что именно проникновение нефти и её фракций приводит к изменениям свойств материалов и одежды из них. Это происходит в процессе эксплуатации. Однако пакет одежды должен сохранять свои защитные свойства в течение длительного времени, предусмотренного нормами выдачи защитной одежды [3].

**Цель работы** – исследование и выявление эффектов воздействия на поверхность защитной одежды жидких материалов, содержащих нефть и нефтепродукты, определяющих качество защиты и комфорта человека на производстве.

С этой целью поставлены следующие задачи:  
– оценить химический состав активной композиции загрязняющей среды, проявляющейся при контактном взаимодействии жидких загрязнений со структурой текстиля спецодежды с учетом химической чистки;

– выявить влияние воздействия нефти на механическую устойчивость материалов защитной одежды к разрывным нагрузкам.

### Материалы и методы

Степень прочности соединения поверхности текстильных материалов с загрязняющими фракциями нефтесодержащих соединений зависит от волокнистого состава тканей и их структуры. Плотность материалов и параметры шероховатости внешнего слоя во многом определяют подверженность тканей загрязнению.

Для спецодежды на объектах нефтепереработки используются смесовые материалы, имеющие в составе хлопок и лавсан.

Однако сырая нефть и её производные продукты могут проникать в волокнистую структуру тканей. Это объясняется их свойствами – летучестью и малым поверхностным натяжением [4]. При этом они могут не только приводить к загрязнению внешней поверхности одежды, но и проникать в пододежное пространство, а также попадать на кожу человека, меняя при этом общий уровень защитных свойств [3].

С целью исследования состава загрязняющей жидкой фракции, подвергающейся химической очистке при уходе за защитной одеждой, был применён метод определения олеофобного эффекта (маслостойкости) тканей [5]. Он заключается в визуальном определении маслостойкости ткани при нанесении на неё минерального (вазелинового) масла и н-гептана ( $C_7H_{16}$ ) в различных соотношениях. В результате было установлено, что ткани «Induga», «Antistat», «Премьер-Комфорт 250А», «Induga-235», «Induga-325» обладают высокой маслостойкостью (100/110 ед.), ткани «Грета-М» и «Премьер-Стандарт 210» обладают хорошей маслостойкостью (80/90 ед.), полотно «Мастер-Люкс СА27» – низкой (50/60 ед.).

Для установления участков поверхности спецодежды, наиболее подверженной загрязнению нефтепродуктами и нефтяными фракциями, были проведены исследования образцов одежды, прошедших цикловое эксплуатационное изнашивание в течение 1 сезона эксплуатации на объектах нефтяной отрасли, в количестве 50 ед.

### Результаты и обсуждение

По результатам исследований выявлено распределение устойчивости поверхности защитной одежды к загрязнению нефтью по топографическим участкам (зонам). В соответствии с проведенным анализом эргономических особенностей непосредственных работ человека в зоне повышенного риска контакта с нефтью нами было установлено, что распространение нефти за пределы защитных накладок превышает

нормы защищенной площади по ГОСТу [6]. На рисунке 1 представлена усреднённая схема топографии зон неустойчивой защиты для куртки и брюк.

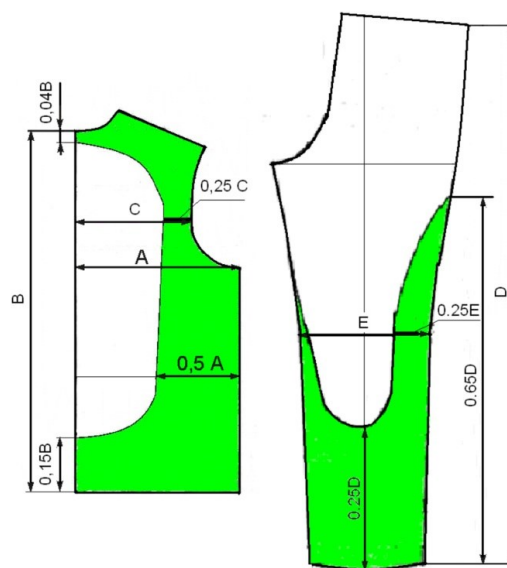


Рисунок 1. Схема топографии зон неустойчивой защиты мужского костюма (а – спинка, б – задняя половинка брюк)

Figure 1. Scheme of the topography of zones of unstable protection of a man's suit (a – back, б – back half of the trousers)

Из рисунка 1 видно, что существуют участки, которые можно обозначить как зоны неустойчивой защиты костюма (выделены цветом), площадь поверхности которых составила на куртке – 42,2% от поверхности спинки, на брюках – 38,9% поверхности задних половинок брюк. Здесь попадание нефти внутрь структуры пакета материалов приводит к изменению исходных физико-механических, теплоизоляционных и других характеристик материалов и пакетов из них, что требует их рационального формирования в пакет дополнительного изучения материалов.

Для продления срока службы спецодежды и сохранения защитных и гигиенических свойств применяется химическая чистка [7].

В процессе определения качественного и количественного состава загрязнений одежды специального назначения были исследованы образцы внешних тканей защитной одежды, перечисленные выше, полученные из различных участков загрязненного комбинезона.

Размеры исследуемых образцов составили 50 x 50 мм. Образцы обработаны экстрактом с долей содержания 2 мл хлороформа. Полученные хлороформенные экстракты были подвергнуты исследованию методом газовой

капиллярной хроматографии [8] с масселективным детектированием. Для экспериментальных исследований использовали хроматограф «Agilent Technologies 7820A» (рисунок 2) и детектор «Agilent Technologies 5975».



Рисунок 2. Экспериментальное оборудование (хроматограф «Agilent Technologies 7820A») [9]

Figure 2. Experimental equipment (chromatograph «Agilent Technologies 7820A»)

Регистрация данных и дальнейшая обработка хроматограмм выполнена в условиях химической станции Enhanced ChemStation G17001 DA Version D.01.02 Agilent Technologies. Результаты оценки образцов с трех участков загрязнения поверхности спецкомбинезона [10] представлены на рисунках 3–5.

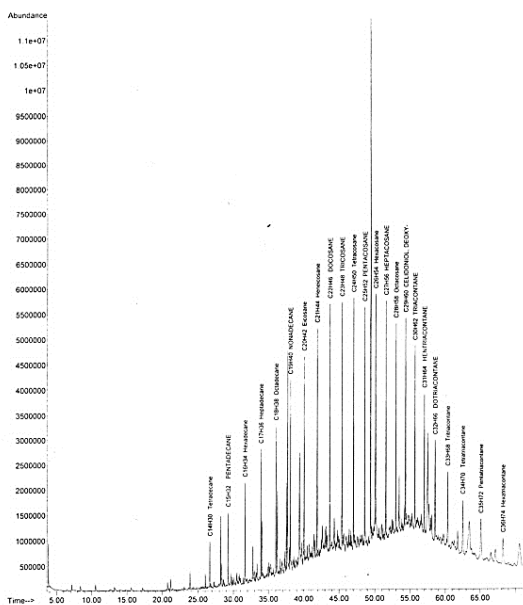


Рисунок 3. Хроматограмма ткани смешанной для спецодежды после производственных загрязнений на нефтеперерабатывающем заводе (проба – участок 1)

Figure 3. Chromatogram of fabric mixed for protective clothing after industrial contamination at the oil refinery (sample – site 1)

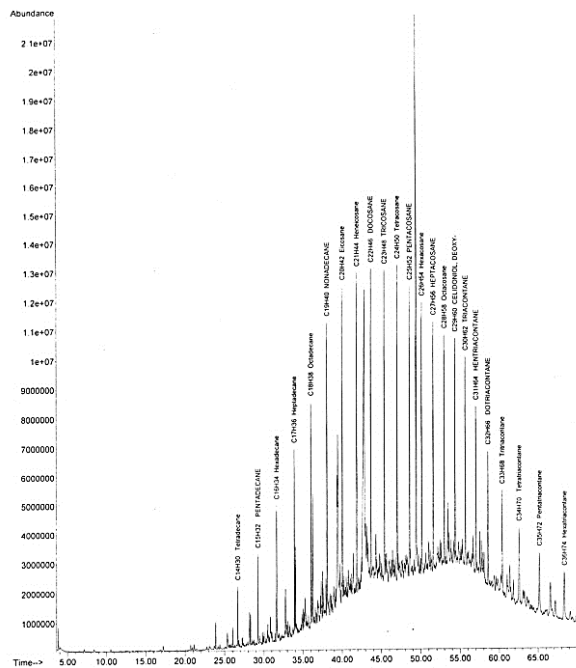


Рисунок 4. Хроматограмма ткани смешанной для спецодежды после производственных загрязнений на нефтеперерабатывающем заводе (проба – участок 2)

Figure 4. Chromatogram of fabric mixed for protective clothing after industrial contamination at the oil refinery (sample – site 2)

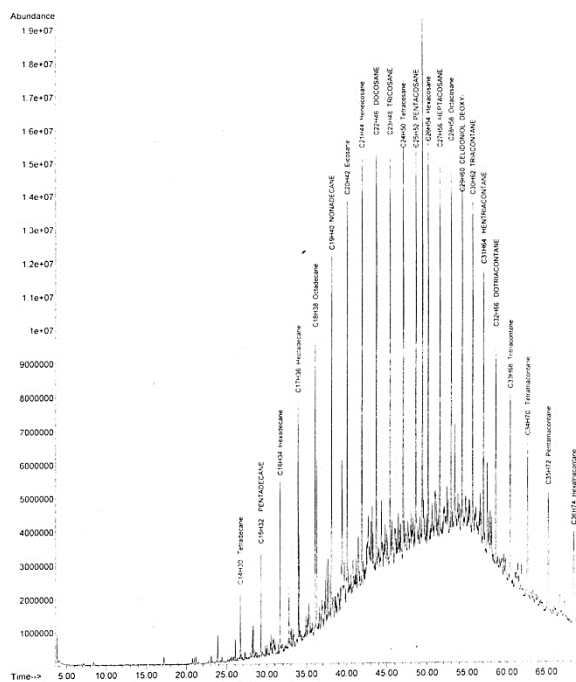


Рисунок 5. Хроматограмма ткани смешанной для спецодежды после производственных загрязнений на нефтеперерабатывающем заводе (проба – участок 3)

Figure 5. Chromatogram of fabric mixed for protective clothing after industrial contamination at the oil refinery (sample – site 3)

Для участков загрязнений задней части брюк на уровне колена, нижней части куртки и рукава на уровне локтя при оценке состава и активности загрязняющей композиции (доли оставшегося состава после химической чистки) углеводороды были объединены в блоки исходя из физических свойств. Концентрация нефтепродуктов в исходных загрязненных образцах была взята за 100% для расчета концентрации в очищенных образцах. После этого исследуемые материалы были подвержены стандартной технологии химической очистки [6] и повторно исследованы методом хроматографии.

Из полученных результатов обработки хроматограмм установлено, что основной компонент производственных загрязнений предприятий нефтяной отрасли – углеводороды от  $C_{14}H_{30}$  Tetradecane до  $C_{36}H_{74}$  Hexatriacontane, которые присутствуют на одежде с высоким уровнем содержания.

Для блока углеводородов  $C_{14}H_{30}$ – $C_{16}H_{34}$  средние концентрации углеводородов на образцах

после химической чистки для всех участков защитной одежды составили от 1,8 до 10,6%, для блока  $C_{17}H_{36}$  –  $C_{25}H_{52}$  – от 3,28 до 14,7%, для  $C_{26}H_{54}$  –  $C_{32}H_{66}$  – от 0,96 до 7,55%, для  $C_{33}H_{68}$  –  $C_{36}H_{74}$  – от 0,45 до 2,25%.

### Заключение

Полученные данные, приведенные к системе распределения загрязняющих поверхностей, позволили установить, что накопление остаточных загрязнений, не исключенных из структуры материала средствами химической очистки, формируется блоком предельных углеводородов ( $C_{17}H_{36}$  –  $C_{25}H_{52}$ ), максимально проявляющихся на участках поверхности рукавов в области локтя.

Результаты исследований позволят сформировать блок важных корректировок в формировании состава и схемы локализации поверхностных материалов защитной одежды на предприятиях нефтяного сектора экономики.

### ЛИТЕРАТУРА

1 Чернышев М.В., Чернышева Г.М. Исследование свойств тканей для спецодежды работников нефтеперерабатывающих заводов // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2016. Т. 3. С. 6–10. URL: <http://e-koncept.ru/2016/56013.htm>

2 Косарев В.В., Бабанов С.А. Профессиональные болезни: руководство для врачей. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. 424 с.

3 Cherunova I.V., Kolesnik S.A., Kurenova S.V., Eremina Y.V. et al. Study of the structural and acoustic properties of clothing materials for thermal protection of human International // Journal of Applied Engineering Research. 2015. V. 10. № 19. P.40506–40512.

4 Хорошко С.И. Нефти северных регионов. Справочник. Новополоцк: Полоцкий государственный университет, 2014. 126 с.

5 Морозов А.В. Современные технологические ресурсы формирования гидрофобных свойств текстильных материалов // Международный студенческий научный вестник. 2018. № 5.

6 ГОСТ Р 51108 – 2016. Услуги бытовые. Химическая чистка. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2016. 16 с.

7 ГОСТ Р 12.4.290–2013. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Одежда специальная для защиты работающих от воздействия нефти, нефтепродуктов. Технические требования. М.: Стандартинформ, 2014. 16 с.

8 Orynassarov Y.K., Serikbayeva A.D., Ordabayeva S.K. High-performance liquid chromatography for the determination of clozapine in urine // Bulletin of the Kazakh National Medical University. 2014. №5. P. 148–151.

9 Газовый хроматограф Agilent 7820A: Оборудование для лабораторий и наукоёмких технологий. URL:

10 Cherunova I.V., Kolesnik S.A., Kurenova S.V., Eremina Y.V. et al. Study of the structural and acoustic properties of clothing materials for thermal protection of human International // Journal of Applied Engineering Research. 2015. V. 10. № 19. P.40506–40512.

1 Chernyshev M.V., Chernysheva G.M. Investigation of tissue properties for overalls of workers of oil refineries. *Nauchno-metodicheskij ehlektronnyj zhurnal «Koncept»* [Scientific and methodological electronic journal «Concept»]. 2016. vol. 3. pp. 6-10. Available at: <http://e-koncept.ru/2016/56013.htm> (in Russian)

2 Kosarev V.V., Babanov S.A. Professional'nye bolezni: rukovodstvo dlya vrachej [Professional diseases: a guide for doctors]. Moscow, BINOM. Laboratory of Knowledge, 2015. 424 p. (in Russian)

3 Cherunova I.V., Kolesnik S.A., Kurenova S.V., Eremina Y.V. et al. Study of the structural and acoustic properties of clothing materials for thermal protection of human International. Journal of Applied Engineering Research. 2015. vol. 10. no. 19. pp.40506–40512.

4 Horoshko S.I. Nefti severnyh regionov [The oil of the northern regions]. Novopolotsk, Polotsk State University, 2014. 126 p. (in Russian)

5 Morozov A.V. Modern technological resources for the formation of the hydrophobic properties of textile materials. *Mezhdunarodnyj studencheskij nauchnyj vestnik* [International Student Science Journal]. 2018. no. 5. (in Russian)

6 GOST R 51108 – 2016. Uslugi bytovye. Himicheskaya chistka. Obshchie tekhnicheskie usloviya [State Standard 51108 – 2016. Household services. Dry cleaning. General specifications]. Moscow, Standartinform, 2016. 16 p. (in Russian)

7 GOST R 12.4.290–2013. Sistema standartov bezopasnosti truda (SSBT). Odezhda special'naya dlya zashchity rabotayushchih ot vozdejstviya nefti, nefteproduktov. Tekhnicheskie trebovaniya [State Standard 12.4.290–2013. Occupational safety standards system (SSBT). Special clothing to protect workers from oil and oil products. Technical requirements]. Moscow, StandardInform, 2014. 16 p. (in Russian)

8 Orynassarov Y.K., Serikbayeva A.D., Ordabayeva S.K. High-performance liquid chromatography for the determination of clozapine in urine. Bulletin of the Kazakh National Medical University. 2014. no. 5. pp. 148–151.

9 Gazovyy hromatograf Agilent 7820A: Oborudovanie

### REFERENCES

dlya laboratorij i naukojomykh tekhnologij [Gas chromatograph Agilent 7820A: Equipment for laboratories and science-intensive technologies]. Available at:

10 Cherunova I.V., Kolesnik S.A., Kurenova S.V.,

#### **СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**

**Ирина В. Черунова** д.т.н., профессор, кафедра конструирования, технологий и дизайна, Донской государственной технической университет, ул. Шевченко, 147, г. Шахты, 346500, Россия, i\_sch@mail.ru

**Елена В. Яковлева** старший преподаватель, кафедра естественнонаучных дисциплин, Донской государственной технической университет, ул. Шевченко, 147, г. Шахты, 346500, Россия, yakovlevaev54@mail.ru

**Екатерина Б. Стефанова** аспирант, кафедра конструирования, технологий и дизайна, Донской государственной технической университет, ул. Шевченко, 147, г. Шахты, 346500, Россия, o.stefanova2012@yandex.ru

**Ирина В. Куренова** инженер, кафедра конструирования, технологий и дизайна, Донской государственной технической университет, ул. Шевченко, 147, г. Шахты, 346500, Россия, smolli6519@mail.ru

#### **КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА**

**Ирина В. Черунова** консультация в ходе исследования

**Елена В. Яковлева** проведение и обработка экспериментальных исследований

**Екатерина Б. Стефанова** обзор литературных источников по исследуемой проблеме

**Ирина В. Куренова** написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

#### **КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**ПОСТУПИЛА 01.07.2018**

**ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 20.08.2018**

Eremina Y.V. et al. Study of the structural and acoustic properties of clothing materials for thermal protection of human International. Journal of Applied Engineering Research. 2015. vol. 10. no. 19. pp. 40506–40512.

#### **INFORMATION ABOUT AUTHORS**

**Irina V. Cherunova** Dr. Sci. (Engin.), professor, Construction, technologies and design department, Don state technical university, Shevchenko str., 147, Shakhty, 346500, Russia, i\_sch@mail.ru

**Elena V. Yakovleva** senior lecturer, chair «Science », Don state technical university, Shevchenko str., 147, Shakhty, 346500, Russia, yakovlevaev54@mail.ru

**Ekaterina B. Stefanova** graduate student, Construction, technologies and design department, Don state technical university, Shevchenko str., 147, Shakhty, 346500, Russia, o.stefanova2012@yandex.ru

**Irina V. Kurenova** engineer, Construction, technologies and design department, Don state technical university, Shevchenko str., 147, Shakhty, 346500, Russia, smolli6519@mail.ru

#### **CONTRIBUTION**

**Irina V. Cherunova** consultation during the study

**Elena V. Yakovleva** conducting and processing of experimental studies

**Ekaterina B. Stefanova** review of the literature on an investigated problem

**Irina V. Kurenova** wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

#### **CONFLICT OF INTEREST**

The authors declare no conflict of interest.

**RECEIVED 7.1.2018**

**ACCEPTED 8.20.2018**