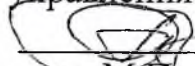


УТВЕРЖДАЮ:

Начальник Учреждения
«НИЦ Витебского областного
управления МЧС», к.т.н.


И. Ф. РУСЕЦКИЙ
М.П.

“12” 12 2012 г.



УДК 677.017
№ ГР 2011-Г/Б-391
Инв. №

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор-УО «ВГТУ»
по научной работе, д.э.н.
Е.В. ВАНКЕВИЧ


М.П.

“12” 12 2012 г.



ОТЧЕТ


по научно-исследовательской работе

**Разработка методов оценки и прогнозирования физико-механических и
теплофизических свойств огнестойких материалов при
эксплуатации защитной одежды пожарных**

2011-Г/Б-391

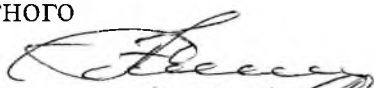
(заключительный)

Начальник НИЧ


12.12.12

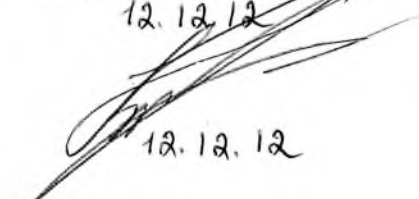
С.А. БЕЛИКОВ

Начальник ОНТР
«НИЦ Витебского областного
управления МЧС », к.т.н.


12.12.12

Н.М. ДМИТРАКОВИЧ

Научный руководитель,
д.т.н., профессор



12.12.12

А.А. КУЗНЕЦОВ

Витебск, 2012

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ


Научный руководитель:
д.т.н., доц.,


10.12.2012 г.

КУЗНЕЦОВ А.А.
(общее руководство,
координация
выполнения НИР,
введение, заключение)

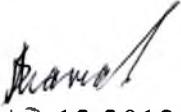
Исполнители:

к.т.н., доц.


10.12.2012 г.

ПЕТЮЛЬ И.А.
(раздел 3, 5)

старший преп.


10.12.2012 г.


ЛЕОНОВ В.В.
(раздел 4, 6)

ассистент


10.12.2012 г.

ГУСАРОВ А.М.
(раздел 1, 2, 5, 6, 7)

Нормоконтролер


10.12.2012 г.

ГУСАРОВ А.М.

РЕФЕРАТ

Отчет 125 с., 1 ч., 27 рис., 29 табл., 37 источников, 2 прил.

ПАКЕТ ОГNETЕРМОСТОЙКИХ МАТЕРИАЛОВ, МАТЕРИАЛ ВЕРХА БОЕВОЙ ОДЕЖДЫ ПОЖАРНЫХ, БОЕВАЯ ОДЕЖДА ПОЖАРНЫХ, ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОГО СРОКА СЛУЖБЫ БОЕВОЙ ОДЕЖДЫ ПОЖАРНЫХ

Объектом исследования являются огнетермостойкие материалы и их пакеты, используемые при изготовлении боевой одежды пожарных для подразделений МЧС РБ.

Целью научно-исследовательской работы является разработка методов оценки и прогнозирования физико-механических и теплофизических свойств огнетермостойких материалов при эксплуатации защитной одежды пожарных.

В процессе работы проводились экспериментальные исследования физико-механических и теплофизических свойств огнетермостойких материалов применяемых при изготовлении боевой одежды пожарных НИИ для подразделений МЧС РБ.

В результате исследования впервые были созданы: методика прогнозирования безопасного срока службы боевой одежды пожарных при эксплуатации и проект СТБ «ОДЕЖДА БОЕВАЯ ПОЖАРНЫХ. Экспресс-метод определения безопасного срока службы».

Основные технико-эксплуатационные показатели: неразрушающий метод контроля, стандартное испытательное оборудование, незначительные временные затраты при проведении испытания.

Степень внедрения – опубликовано 4 статьи в изданиях, включенных в перечень ВАК, 11 материалов доклада на различных республиканских и международных конференциях, 2 тезиса докладов, практическая апробация в условиях специализированной аккредитованной лаборатории Учреждения «НИЦ Витебского областного управления МЧС».

Методика прогнозирования безопасного срока службы боевой одежды пожарных рекомендована к внедрению на Учреждении «НИЦ Витебского областного управления МЧС», проект СТБ «ОДЕЖДА БОЕВАЯ ПОЖАРНЫХ. Экспресс-метод определения безопасного срока службы» подготовлен для утверждения в Госстандарте Республики Беларусь.

Результаты работы могут применяться МЧС для эффективного управления качеством защитной одежды пожарных во время ее эксплуатации.

Комплексная оценка защитных свойств БОП при воздействии различных эксплуатационных факторов позволяет выявить резервы эксплуатационной надежности, прогнозировать безопасный срок службы и повысить надежность и конкурентоспособность БОП.

По материалам исследований будут подготовлена кандидатская диссертационная работа по специальности 05.19.01 – «Материаловедение производств текстильной и лёгкой промышленности».

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	9
1 СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА И МЕТОДЫ ИХ ОЦЕНКИ ДЛЯ ОГNETЕРМОСТОЙКИХ МАТЕРИАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ ПОЖАРНЫХ	11
1.1 Огнетермостойкие ткани и их пакеты, используемые для производства боевой одежды пожарных	11
1.2 Анализ требований, предъявляемых действующими техническими нормативными правовыми актами, к огнетермостойким материалам и их пакетам, применяемым при изготовлении боевой одежды пожарных ...	18
1.3 Методы и средства оценки теплофизических показателей огнетермостойких материалов и их пакетов, применяемых при изготовлении боевой одежды пожарных	19
1.3.1 Методика определения устойчивости пакета материалов к воздействию теплового потока	20
1.3.2 Методика определения устойчивости к воздействию открытого пламени пакета материалов и отдельно материала	21
1.3.3 Определение устойчивости материала верха к воздействию температуры 300°С	22
1.3.4 Определение устойчивости материала верха к контакту с нагретыми до 400°С твёрдыми поверхностями	22
1.4 Сравнительный анализ белорусского и европейского стандартов на боевую одежду пожарного	23
1.4.1 Огнестойкость	24
1.4.2 Устойчивость к воздействию теплового излучения	24
1.4.3 Остаточная прочность материалов после воздействия теплового излучения	25
1.4.4 Устойчивость материалов к воздействию температуры	25
1.5 Критерии и методы оценки повреждения кожного покрова человека при тепловых воздействиях	26
1.6 Эксплуатационные свойства боевой одежды пожарных и методы их оценки	29
1.7 Выводы	32
2 ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ И ФИЗИКО- МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОГNETЕРМОСТОЙКИХ МАТЕРИАЛОВ И ИХ ПАКЕТОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ ПОЖАРНЫХ, ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ОДНОЦИКЛОВОЙ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ	33
2.1 Исследование влияния одноциклового теплового воздействия на теплозащитные свойств пакета огнетермостойких материалов, применяемых для изготовления боевой одежды пожарных	33
2.1.1 Методика выполнения измерений при исследовании влияния	

одноциклового теплового воздействия на теплозащитные свойств пакета огнестойких материалов.....	34
2.1.2 Анализ результатов экспериментальных исследований влияния одноциклового теплового воздействия на теплозащитные свойств пакета огнестойких материалов.....	36
2.3 Исследование влияния одноциклового теплового воздействия на физико-механические свойств пакета огнестойких материалов, применяемых для изготовления боевой одежды пожарных	39
2.3.1 Исследования влияния одноциклового теплового воздействия на прочностные свойства материала верха пакета огнестойких материалов.....	40
2.3.2 Исследования влияния одноциклового теплового воздействия на вязкоупругие свойства материалов огнестойких пакетов.....	43
2.4 Выводы.....	47
3 КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МНОГОЦИКЛОВОЙ НАГРУЗКИ НА ПОКАЗАТЕЛИ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОГНЕСТОЙКИХ МАТЕРИАЛОВ И ИХ ПАКЕТОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ ПОЖАРНЫХ	48
3.1 Исследование влияния многоциклового тепловой нагрузки на теплозащитные свойств пакета огнестойких материалов, применяемых для изготовления боевой одежды пожарных	48
3.2 Исследование влияния многоциклового тепловой нагрузки на физико-механические свойств пакета огнестойких материалов, применяемых для изготовления боевой одежды пожарных	55
3.2.1 Исследования влияния многоциклового теплового воздействия на прочностные свойства материала верха пакета огнестойких материалов.....	57
3.2.2 Исследования влияния многоциклового теплового воздействия на вязкоупругие свойства материалов огнестойких пакетов.....	59
3.3 Выводы.....	62
4 МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭКСПЛУАТАЦИИ ОГНЕСТОЙКИХ МАТЕРИАЛОВ И ИХ ПАКЕТОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ ПОЖАРНЫХ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ МНОГОЦИКЛОВОЙ ТЕПЛОЙ НАГРУЗКИ.....	64
4.1 Разработка вероятностных моделей изменения показателей качества огнестойких материалов, применяемых для производства защитной одежды пожарных, в условиях воздействия многоциклового тепловой нагрузки.....	64
4.2 Разработка математических моделей изменения показателей качества огнестойких материалов боевой одежды пожарных, в условиях воздействия многоциклового тепловой нагрузки с использованием теории надёжности сложных технических систем.....	67

4.3 Выводы.....	69
5 ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОГНЕТЕРМОСТОЙКИХ МАТЕРИАЛОВ И ИХ ПАКЕТОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ ПОЖАРНЫХ.....	71
5.1 Анализ результатов экспериментальных исследований показателей вязкоупругих свойств материала верха боевой одежды пожарного при многоцикловом тепловом воздействии	71
5.2 Разработка математических моделей взаимосвязи относительного изменения максимального внедрения индентора, статического и динамического модуля упругости, материала верха боевой одежды пожарного от количества циклов теплового воздействия	72
5.3 Выводы.....	74
6 ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОГНЕТЕРМОСТОЙКИХ МАТЕРИАЛОВ И ИХ ПАКЕТОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ ПОЖАРНЫХ.....	76
6.1 Анализ результатов экспериментальных исследований показателей теплофизических свойств пакета материалов боевой одежды пожарного при многоцикловом тепловом воздействии.....	76
6.2 Разработка математических моделей взаимосвязи температуры на внутренней поверхности пакета от времени при многоцикловом тепловом воздействии	77
6.3 Разработка математических моделей взаимосвязи максимальной температуры на внутренней поверхности пакета материалов от количества циклов теплового воздействия	80
6.4 Выводы.....	83
7 РАЗРАБОТКА ЭКСПРЕСС-МЕТОДОВ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОГНЕТЕРМОСТОЙКИХ МАТЕРИАЛОВ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ ПОЖАРНЫХ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ.....	84
7.1 Выбор и обоснование показателя для экспресс-оценки и прогнозирования теплофизических свойств защитной одежды пожарных при эксплуатации.....	84
7.2 Разработка математических моделей изменения устойчивости к воздействию теплового потока пакета материалов защитной одежды пожарных при эксплуатации с использованием теории надёжности сложных технических систем.....	85
7.3 Выбор испытательного оборудования для определения устойчивости к воздействию теплового потока пакета материалов защитной одежды пожарных и разработка методики выполнения измерений.....	90
7.4 Экспериментальные исследования закономерностей изменения устойчивости к воздействию теплового потока пакета материалов боевой одежды пожарных при воздействии основных	

эксплуатационных факторов.....	91
7.5 Методика оценки параметров математической модели процесса изменения устойчивости к воздействию теплового потока пакета материалов боевой одежды пожарных при эксплуатации	95
7.6 Экспресс-методика прогнозирования безопасного срока службы боевой одежды пожарных при эксплуатации	96
7.7 Типовой расчет безопасного срока службы боевой одежды пожарных при эксплуатации.....	99
7.8 Выводы.....	100
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	102
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	104
ПРИЛОЖЕНИЕ А	107
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	108

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Поповский, Д.В. Боевая одежда и снаряжение пожарного: Методическое пособие / Д.В. Поповский, В.Ю. Охломенко; под ред. В.А. Грачева – М.: Академия ГПС МЧС России, 2004. – 86 с.
2. Система стандартов безопасности труда. Одежда пожарных боевая. Общие технические условия: СТБ 1971-2009. – Введ. 01.01.2010. – Минск Госстандарт- НИЦ ВОУ МЧС г. Витебск, 2010. – 36 с.
3. Тканый материал для использования в защитной одежде и защитная одежда улучшенного комфорта: пат. 2098527 Россия, МКИ 6 D 03 D 15/12, А 41 D 13/00 / БонованДжанарданаБолига, Дональд Эдмунд Хоффман; заявительДюпон де Немур энд Ко. – № 94046391; заявл. 15.12.94; опубл. 10.12.97 // Реферативный журнал / ВИНТИ. –1997. – № 34. – С. 2.
4. TenCate - ProtectiveFabrics- TenCateAdvanceUltra® [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.tencate.com/smartsite.dws?id=2651>. – Дата доступа 2011-01-31.
5. TenCate - ProtectiveFabrics - TenCateDefender™ [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.tencate.com/smartsite.dws?id=2663>. – Дата доступа 2011-01-31.
6. TenCate - ProtectiveFabrics - TenCateGemini™ with MATRIX™ Technology [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.tencate.com/smartsite.dws?id=2666>. – Дата доступа 2011-01-31.
7. TenCate - ProtectiveFabrics - TenCateMillenia™ ХТ [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.tencate.com/smartsite.dws?id=2512>. – Дата доступа 2011-01-31.
8. Ткань "Пировитекс" ТУ 8378.026.31094986.03 [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.asocompany.ru/products/pirovitex.html>. – Дата доступа 2011-01-31.
9. Тканый термостойкий материал для защитной одежды и защитная одежда: пат. 4086 Респ. Беларусь, МПК 7 D 03 D 15/12, А 41 D 13/00 / В.П. Астапов, Ю.Г. Русецкий, С.А. Нацевский, Н.И. Степанцева; заявитель Витебское областное отделение общественного объединения «Белорусская ассоциация спасателей-пожарных». – № a19991119; заявл. 14.12.99; опубл. 30.09.01//Афіцыйны бюл. /Дзярж. Пат. Ведамства Рэсп. Беларусь. – 2001.– №3. – С.134 – 135.
10. Патент РФ, № 2213814. Приоритет 29.12.2000. ООО НПФ "Термостойкие изделия" и РУП "Светлогорское ПО "Химволокно". Способ получения полиоксадиазольного волокна или нити.
11. Патент РФ, № 2213815. Приоритет 29.12.2000. ООО НПФ "Термостойкие изделия" и ГУП "Светлогорское ПО "Химволокно". Способ получения полиоксадиазольного волокна или нити.

12. Русецкий, Ю.Г. Костюм боевой одежды пожарных-спасателей первого уровня защиты // Ю.Г. Русецкий, А.В. Иванов [Электронный ресурс] // <http://volbrok.ru/article01.shtml>. – Дата доступа 2011–01–31.
13. Нетканые технологии для пожарных и военнослужащих // Новые химические технологии. Аналитический портал химической промышленности [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://www.newchemistry.ru/letter.php?n_id=3908. – Дата доступа 2011–01–31.
14. TenCate - ProtectiveFabrics - TenCateCaldura® [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.tencate.com/smartsite.dws?id=2659>. – Дата доступа 2011–01–31.
15. TenCate - ProtectiveFabrics - TenCateAralite® [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.tencate.com/smartsite.dws?id=2652>. – Дата доступа 2011–01–31.
16. Protective clothing for firefighters. Performance requirements for protective clothing for firefighting: BS EN 469:2005. – Brussel: European Committee for Standardization, 2006. – 52 p.
17. Stoll A.M. Method and rating system for evaluation of thermal protection / A.M. Stoll, M.A. Chianta // *Aerospace Medicine*. – 1969. – Vol. 40. – P. 1232–1238.
18. Stoll A.M. Relationship Between Pain and Tissue Damage Due to Thermal Radiation / A.M. Stoll, L.C. Greene // *Journal of Applied Physiology*. – 1959. – Vol. 14. – P. 373–382.
19. Stoll A.M. Heat Transfer through Fabrics as Related to Thermal Injury/ A.M. Stoll, M.A. Chianta // *Transactions-New York Academy of Sciences*. – 1971. – 33:7. – P. 649–670.
20. Stoll A.M. Burn production and prevention in convective and radiant heat transfer / A.M. Stoll, M.A. Chianta // *Aerospace Medicine*. – 1968. – vol.39.
21. NFPA 1971, Protective Clothing Ensemble for Structural Fire Fighting, 2000 Edition. – National Fire Protection Association, Quincy, MA, 2000.
22. NFPA 1977, Protective Clothing and Equipment for Wildland Fire Fighting, 1993 Edition. – National Fire Protection Association, Quincy, MA, 1996.
23. Henriques F.C. Jr. Studies of Thermal Injury V. The Predictability and the Significance of Thermally Induced Rate Processes Leading to Irreversible Epidermal Injury / F.C. Jr. Henriques // *Archives of Pathology*. – 1947. – Vol. 43. – P. 489–502.
24. Weaver J.A. Mathematical Model of Skin Exposed to Thermal Radiation / J.A. Weaver, A.M. Stoll // *Aerospace Medicine*. – 1969. – Vol. 40. – P. 24–30.
25. Фойгт И. Стабилизация синтетических полимеров против действия света и тепла/ И. Фойгт: Пер. с нем. Блюменфельда А.Б., Гурьяновой В.В., Левантовской // под. ред. Коварской Б.М. – Л.: Изд-во «Химия», 1972. – 544с.

26. Slater K. The Progressive Deterioration of Textile Materials, I: Characteristics of Degradation / K. Slater // Working Paper No. 85-202, University of Guelph, Guelph ON. – 1985.
27. Vogelpohl T.L. Post-use Evaluation of Fire Fighter's Turnout Coats: M.Sc. Thesis, University of Kentucky / T.L. Vogelpohl – Lexington, KY, 1996.
28. Kutlu B. Thermal analysis and performance properties of thermal protective clothing / B. Kutlu, A. Cireli // *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. – 2005. – 13. – P. 58–62.
29. Thorpe P. Development Of Non-Destructive Test Methods For Assessment Of In-Use Fire Fighter's Protective Clothing: M.Sc. Thesis, University of Saskatchewan / P. Thorpe – Saskatoon, Saskatchewan, 2004.
30. Кузнецов, А.А. Разработка методов оценки и прогнозирования физико-механических и теплофизических свойств огнетермостойких материалов при эксплуатации защитной одежды пожарных (промежуточный отчет по г/б НИР) / А.А. Кузнецов. – Витебск: УО «ВГТУ», 2011. – 184 с.
31. Рудницкий, В.А. Испытание эластомерных материалов методами индентирования / В.А. Рудницкий, А.П. Крень; под ред. П.П. Прохоренко. – Минск: Беларус. наука, 2007. – 227 с.
32. Ящерицын, П.И. Планирование эксперимента в машиностроении / П.И. Ящерицын, Е.И. Махаринский. – Мн.: Выш. шк., 1985. – 286 с.
33. Седакин, Н.М. Об одном физическом принципе теории надёжности / Н.М. Седакин // *Известия АН СССР. Техническая кибернетика*. – 1966. – № 3. – С. 80–87.
34. Смагин, В.А. Физико-вероятностные модели прогнозирования надёжности на основе форсирования испытаний / В.А Смагин // *Надёжность и контроль качества*. – 1998. - № 4. - С. 15-23.
35. Смагин, В.А. Теоретическое обобщение физического принципа надёжности профессора Н.М. Седакина испытаний / В.А Смагин // *Надёжность*. – 2005. - №1. – С. 3-13.
36. Кузнецов, А.А. Оценка и прогнозирование физико–механических свойств текстильных нитей / А.А. Кузнецов, В.И. Ольшанский. – Витебск: УО «ВГТУ», 2004. – 226 с.
37. СТБ 1972-2009. Одежда пожарных специальная защитная от повышенных тепловых воздействий. Общие технические условия. - Введ. 01.01.2010. – Минск: Госстандарт - НИЦ ВОУ МЧС г.Витебск, 2010. – 46 с.