

На правах рукописи



**ЕРЕМИНА ЮЛИЯ ВИКТОРОВНА**

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОДЕЖДЫ ДЛЯ  
ЗАЩИТЫ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ АГРЕССИВНОЙ АКУСТИЧЕСКОЙ СРЕДЫ**

Специальность 05.19.04

Технология швейных изделий

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Москва-2016

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Институт сферы обслуживания и предпринимательства» (филиал) Донского государственного технического университета в г. Шахты, Ростовская область (ФГБОУ ВО «ИСОиП» (филиал) ДГТУ в г. Шахты)

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструирование, технологии и дизайн» ФГБОУ ВО «Институт сферы обслуживания и предпринимательства» (филиал) Донского государственного технического университета в г. Шахты, Ростовская область  
**Куренова Светлана Викторовна**

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Дизайн» ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань  
**Хамматова Венера Васильевна**

кандидат технических наук, директор по инновациям АО "Меридиан", г. Москва  
**Лебедева Елена Олеговна**

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет», г. Иваново

Защита состоится «21» декабря 2016 года в 10-00 на заседании диссертационного совета Д 212.144.01 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет дизайна и технологии» (ФГБОУ ВО «МГУДТ») по адресу: 117997, г. Москва, ул. Садовническая, д. 33, стр. 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Московский государственный университет дизайна и технологии» и на сайте университета <http://www.mgudt.ru>

Автореферат разослан «   » \_\_\_\_\_ 2016 года.

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Гуторова Н.В.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Фактор акустического шума становится всё более определяющим среди различных экологических факторов в развитых странах. Развитие техники и технологии неизбежно ведет к образованию акустических полей на предприятиях и селитебных территориях. В настоящее время практически во всех отраслях промышленности существуют рабочие места, на которых присутствует производственный шум, уровень которого оказывает негативное влияние на человека и, как следствие, на эффективность производственного процесса. Наиболее неблагоприятное воздействие акустического фактора наблюдается в таких отраслях промышленности, как, нефтехимическая, автомобилестроительная, авиакосмическая, тяжелое машиностроение и т.д.

Проблема защиты от шума различными способами остро стоит для нефтегазовой промышленности. В настоящее время ОАО «Газпром» располагает крупнейшей в мире газотранспортной системой (ГТС), удовлетворяет наибольшую часть энергетической потребности России и вносит весомый вклад в энергетический баланс зарубежных стран. Соответственно актуальной является задача сохранения здоровья работающих, сказывающегося в конечном итоге на производительности труда.

При высоких уровнях шума опасности подвергаются не только органы слуха и головной мозг, но и внутренние органы тела человека. В настоящее время для предотвращения негативного влияния шума на организм человека используется комплекс средств коллективной и индивидуальной защиты, в том числе и шумозащитные костюмы. Анализ прототипов костюмов отечественного и зарубежного производства показал недостаточный уровень комфорта в пододежном пространстве и эргономичности одновременно. Разработка нового средства индивидуальной защиты позволит устранить отмеченные недостатки, повысить комфорт и эргономичность специальной одежды при сохранении основной функции шумозащиты.

**Цель работы заключается** в разработке способа проектирования и изготовления конструкций специальной одежды для защиты от воздействия агрессивной акустической среды в производственных условиях.

Для реализации поставленной цели решены следующие **задачи**:

- определение перспективных направлений развития комплексной защиты тела человека от воздействия агрессивной акустической среды;
- определение критерия оценки шумозащитных свойств, как отдельных материалов, так и пакетов из них;
- исследование шумозащитных свойств материалов, обладающих различными физическими и геометрическими характеристиками в переменных условиях климатической среды;
- определение состава пакета материалов, наиболее перспективного для при-

менения при проектировании шумозащитного комплекта;

- разработка математической модели процесса шумозащиты в системе «Человек – Одежда для защиты от повышенного уровня шума - Агрессивная акустическая среда» с учетом изменения характеристик материалов в пакете и параметров окружающей среды;

- разработка методики оценки шумозащитных свойств пакетов материалов для автоматизации выбора рационального пакета материалов;

- разработка шумозащитных элементов специальной одежды;

- разработка композиционного пакета материалов с шумозащитными свойствами;

- разработка конструкции и технологии изготовления шумозащитного комплекта и шумозащитных элементов;

- исследования и апробация разработанного шумозащитного комплекта в реальных условиях на объекте газовой промышленности.

**Объектом исследования** являлся процесс проектирования специальной одежды с повышенным уровнем шумозащиты в системе «Человек – Одежда для защиты от повышенного уровня шума – Агрессивная акустическая среда».

**Предмет исследования** – комплект специальной одежды для защиты от повышенного уровня шума.

**Научная новизна** работы заключается:

- в разработке математической модели процесса шумозащиты в системе «Человек – Одежда для защиты от повышенного уровня шума – Агрессивная акустическая среда», устанавливающей зависимость величины снижения шума от толщин материалов пакета, плотности основного слоя пакета и температуры окружающего воздуха;

- в разработке алгоритма выбора составляющих пакета для проектирования шумозащитной одежды на основе установленной зависимости величины снижения шума от параметров материалов;

- в экспериментальном обосновании влияния на величину снижения шума характеристик материалов, таких как геометрия поверхности, порядок расположения в пакете по отношению к источнику звука, ориентация по отношению к источнику звука сторонами, обладающими различными физическими свойствами.

**Практическая значимость** работы состоит в следующем:

- разработан стенд для измерения акустических параметров материалов в пакете, позволяющий оценить шумозащитные свойства комплекта специальной одежды (патент №132898 «Стенд для измерения акустических параметров материалов, используемых для изготовления защитной одежды», опубликован 10.01.2013 г.);

- разработан алгоритм расчета параметров системы «Человек – Одежда для защиты от повышенного уровня шума - Агрессивная акустическая среда», учитывающий шумопонижающий эффект от использования пакета материалов;

- разработан метод выбора рационального пакета материалов, одновременно удовлетворяющего условиям требуемой защиты от шума и максимального теплового комфорта, представленный в виде алгоритма;

- разработана методика построения конструкции динамических вставок на локальных участках шумозащитной одежды;

- разработана технология производства шумозащитного комплекта;

- изготовлен комплект специальной одежды, шумозащитный эффект которого подтвержден опытной ноской, и доказана целесообразность внедрения предложенного технического решения (патент №135879 «Защитная одежда», опубл. 10.01.2013 г.).

**Методы исследования.** В работе использованы положения системного подхода к проектированию швейных изделий специального назначения, методы экспертных оценок, методы оптимизационного математического и компьютерного моделирования, методы планирования научного эксперимента. При проведении исследований использованы контактные и бесконтактные методы измерений и фиксации результатов, методы исследований и положения теории акустики. Диссертационная работа реализована с применением программных продуктов Microsoft Word 2010, Microsoft Excel 2010, Maple 7.0, Компас, САПР «Грация», OscilloMeter 7.30 - Demo.

#### **На защиту выносятся:**

- методика расчета величины снижения шума трехслойным пакетом материалов;

- математическая модель процесса шумозащиты в системе «Человек – Одежда для защиты от повышенного уровня шума - Агрессивная акустическая среда» устанавливающая зависимость величины снижения шума от толщин материалов пакета, поверхностной плотности основного слоя пакета и температуры окружающей среды;

- методика расчета параметров системы «Человек – Одежда для защиты от повышенного уровня шума - Агрессивная акустическая среда», для проектирования шумозащитной одежды, учитывающая величину снижения шума;

- проектирование и технология изготовления функциональных шумозащитных элементов специальной одежды и отдельных видов средств индивидуальной защиты.

**Достоверность** научных положений, выводов и результатов, сформулированных в диссертационной работе, подтверждается применением современных информационных технологий, согласованностью результатов теоретических и экспериментальных исследований, корректным использованием методов статистического анализа, апробацией основных положений диссертационного исследования в научной периодической печати, конференциях, а также актами внедрения на предприятиях нефтегазовой отрасли.

#### **Апробация результатов исследования.**

Основные результаты диссертационной работы докладывались и получили положительную оценку на следующих конференциях: Международная научно-практическая

конференция «Инновационные процессы в сфере сервиса: проблемы и перспективы», Международная Экологическая Неделя в ЮФО и СКФО, Межвузовская научно – практическая конференция « Развитие инновационных направлений в образовании, экономике, технике и технологиях», «III Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Защита населения от повышенного шумового воздействия».

**Внедрение результатов исследования** Результаты диссертационной работы апробированы и внедрены на предприятиях ООО «Газпром трансгаз Ставрополь» п. Рыздвяный, СК, ООО «Санмаркивест» г. Ставрополь, ООО ЧОП «Гафри-охрана» г. Ставрополь, а также внедрена в производство проектно-конструкторская документация на серию моделей специальной шумозащитной одежды в производственный цикл ИП Курбатова Ю.В. г. Ставрополь.

**Публикации.** Основные положения диссертации опубликованы в 26 печатных работах, 3 из которых опубликованы в журналах, входящих в перечень российских рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертации, 1 патент на изобретение и 2 патента на полезную модель.

#### **Личный вклад соискателя**

- предложен метод выбора материалов для проектирования специальной шумозащитной одежды;

- разработана экспериментальная установка для измерения акустических параметров материалов, используемых для изготовления защитной одежды (патент на полезную модель №132898 «Стенд для измерения акустических параметров материалов, используемых для изготовления защитной одежды»).

-разработаны модельная конструкция и технология изготовления шумозащитной одежды с использованием модифицированного пакета материалов с повышенной шумозащитой, изготовлена опытная модель комплекта (патент на полезную модель №135879 «Защитная одежда»);

-разработан акустический комплекс для исследования шумозащитных свойств комплекта одежды в натуральных условиях, который позволяет оценить степень защиты с учетом температуры окружающей среды и температуры в пододежном пространстве;

-в натуральных испытаниях доказана эффективность предложенных конструктивных решений шумозащитного комплекта.

Достоверность полученных результатов исследования обеспечивается опорой на современные теории в области акустики; методологической обоснованностью исходных теоретических позиций; использованием научных методов исследования, адекватных его цели, предмету и задачам; опытно-экспериментальной проверкой.

#### **Структура и объем работы**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, выводов по каждой

главе, списка использованной литературы и приложений. Объем работы составляет 261 страница текста, включающий 76 рисунков и 18 таблиц. Список использованной литературы содержит 182 источника. Приложения представлены на 66 страницах.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и основные задачи исследования, отмечена научная новизна и практическая значимость результатов работы.

**В первой главе** диссертации проведен анализ системы «Человек – Одежда для защиты от повышенного уровня шума – Агрессивная акустическая среда», в результате чего обоснована актуальность проектирования специальной одежды для защиты от воздействия агрессивной акустической среды в производственных условиях.

Анализ источников производственного шума показал, что во многих отраслях промышленности уровень производственного шума превышает допустимые значения, предусмотренные санитарными нормами, а устранение шума в его источнике не всегда представляется возможным, что подчеркивает актуальность разработки прогрессивных средств индивидуальной защиты от шума.

Обзор и анализ литературы и интернет ресурсов показал, что воздействие на организм человека производственного шума, приводит к негативным последствиям для здоровья. При этом может нарушиться работа всех жизненно важных систем организма. Таким образом, перспективным направлением исследований в области создания шумозащитных средств индивидуальной защиты является разработка шумозащитных комплектов, обеспечивающих защиту не только органов слуха и головы в целом, но и всего тела от особо интенсивных шумов широкого спектра. Анализ современных материалов и покрытий с повышенными шумозащитными свойствами показал, что необходимо исследование шумозащитных конструкций, состоящих из различных по своим свойствам материалов, набранных в пакет и обладающих необходимыми звуко-, вибропоглощающими и звукоизолирующими свойствами. Зарубежные аналоги имеют ряд недостатков, в том числе низкие гигиенические и эргономические показатели, высокую стоимость. Отечественные аналоги подобной специальной одежды существуют на уровне экспериментальных образцов и ориентированы на эксплуатацию в замкнутом производственном пространстве, без учета климатических факторов природной среды. Вследствие чего задачи, обозначенные в работе, являются актуальными.

**Во второй главе** исследованы шумозащитные свойства материалов и пакетов из них для проектирования шумозащитного комплекта, состоящего из куртки, брюк и шумозащитного жилета. Проанализированы методы и средства изучения шумозащитных свойств материалов. Для измерения акустических параметров материалов,

используемых для изготовления защитной одежды, разработана экспериментальная установка, схема и фотография которой представлены на рисунке 1. На установку получен патент на полезную модель №132898 «Стенд для измерения акустических параметров материалов, используемых для изготовления защитной одежды».

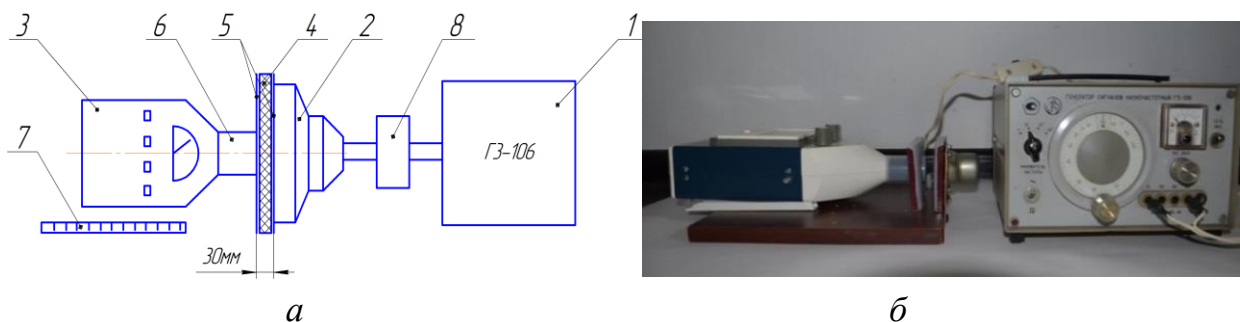


Рисунок 1– Экспериментальная установка: а – схема установки; б – фотография экспериментальной установки (1 – генератор звуковых колебаний; 2 – динамический громкоговоритель; 3 – импульсный шумомер (RFT impulschall pegelmesser 00 014); 4 – исследуемый образец; 5 – пластины; 6 - изолирующий колпак; 7 – измерительная шкала; 8 – усилитель

В ходе экспериментов определена величина снижения шума (ВСШ) образцами основного, подкладочного и прокладочного материалов.

Анализ полученных результатов позволяет выделить материалы, перспективные с точки зрения шумозащиты и использования в проектировании индивидуальных защитных конструкций. Из образцов основного материала выделены следующие (ВСШ<sub>100</sub> = 5,7-16,3 дБ; ВСШ<sub>1000</sub> = 9,4-19,8 дБ): джинс хлопок (№6), замша натуральная спилкок (толщина 0,78 мм) (№12), замша натуральная спилкок (толщина 0,9 мм) (№13), замша натуральная спилкок (толщина 1,2 мм) (№14), кожа натуральная КРС (№15), вилилис кожа (№16), кевлар (№35). Результаты эксперимента для основного материала представлены на гистограмме (рисунок 2), где материалам присвоены номера.

Из образцов прокладочного материала выделены (ВСШ<sub>100</sub> = 8,3-15,4 дБ; ВСШ<sub>1000</sub> = 12,3-20 дБ): пенофол (№61), коверстат (№48), петрофом (№40), пенотерм (№38), иглопробивной материал (№47), шерстепон композиционный (№39). Из образцов подкладочного материала выделены (ВСШ<sub>100</sub> = 1,8-3,3 дБ; ВСШ<sub>1000</sub> = 4,8-6,4 дБ): фланель (№55), подкладка термосклеенная с синтепоном (№58), синтетическая подкладочная ткань (№59). Из исследуемых материалов отобраны материалы для проектирования куртки и брюк: основной материал верха Грета-Т, прокладочный материал-синтепон и подкладочный материал-фланель. В работе проектированию шумозащитного жилета уделено детальное внимание, так как жилет предложен не только для усиления теплозащитных функций комплекта, но и для усиления основной функции – шумозащиты внутренних органов тела человека.



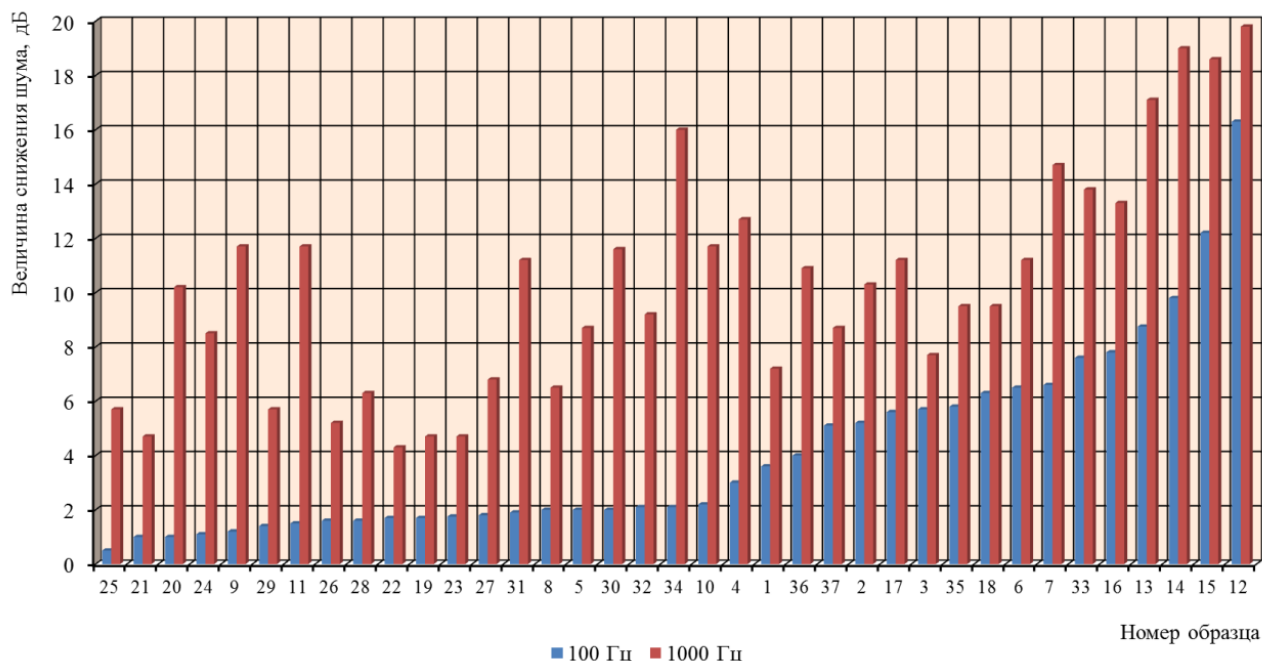


Рисунок 2– Гистограмма величины снижения шума образцами основного материала

Для проектируемого шумозащитного жилета предложено использовать многослойный пакет материалов с различными свойствами шумозащиты: шумоизоляция, шумопоглощение, вибропоглощение. Установлено, что при его компоновке наибольшая величина снижения шума достигается при обращении всех слоев материалов пакета к источнику звука стороной, обладающей большим коэффициентом отражения звука. Выявлен ряд материалов, у которых ВСШ лицевой и изнаночной сторон различаются более чем на 1 дБ (рисунок 3). Полученные экспериментальные данные положены в основу разработанной методики расчета доли снижения шума трехслойным пакетом материалов, на основе, которой разработана программа, позволяющая выполнить расчет всех возможных вариантов ориентации материалов в пакете.

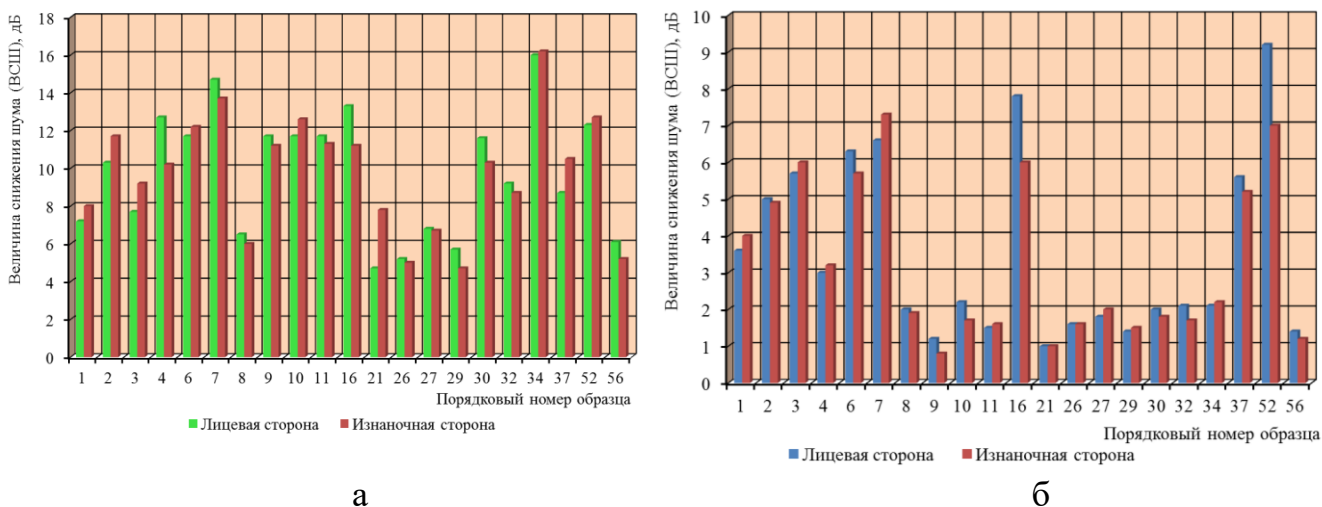


Рисунок 3 – Гистограмма зависимости ВСШ от ориентации материала по отношению к источнику звука а) при частоте звука 1000 Гц и исходной громкости 117,2 дБ; б) при частоте звука 100 Гц и исходной громкости 93,5 дБ

Установлено, что чередование материалов внутри пакета приводит к различным значениям ВСШ. В частности, наибольшая величина снижения шума достигалась при расположении менее плотного материала наиболее удаленным от источника звука.

Для проектирования шумозащитного жилета разработаны и изготовлены 12 пакетов материалов. Основываясь на выявленном эффекте, предложено чередовать материалы внутри пакетов. В результате чередования получено 48 комбинаций, каждой из которых присвоен порядковый номер. Экспериментально установлено, что самым эффективным является вариант №7 имеющий состав: кевлар (№35), коверстат (№48), иглопробивной материал (№47), петрофом (№40), фланель (№55) (ВСШ пакета на 1000 Гц составляет 37,3 дБ, на 100 Гц составляет 29 дБ). Указанный пакет материалов рекомендован для проектирования шумозащитного жилета и дальнейших исследований.

Для повышения шумозащиты и усиления функциональности комплекта (куртка, брюки) предложено изготовление дополнительных шумозащитных вставок из материалов с измененной геометрией поверхности (рисунок 4).

Проведены исследования следующих наборов материалов: «хлопчатобумажная ткань, типа джинс (далее джинс) – трикотажное полотно», «джинс с ИГП – трикотаж», «арамидная ткань (кевлар) – трикотаж», «кевлар с ИГП – трикотаж», «кевлар в 2 слоя – трикотаж», «кевлар в 2 слоя с ИГП – трикотаж». В результате экспериментов установлено, что предпочтительным набором материалов при изменении геометрии поверхности является «кевлар-трикотаж»- ВСШ на 100 Гц= 8,8 дБ; ВСШ на 1000 Гц = 17,8 дБ.

В процессе поиска эффективных материалов и пакетов из них предложены сочетания материалов нетрадиционных для легкой промышленности. В качестве таких образцов предложено сочетание материала (кевлар) с нанесенным на него силиконовым слоем (КМ-1) и ткани с термически склеенным слоем пенополиэтилена (КМ-2). Результаты исследований композиционного материала (КМ-1) представлены на рисунке 5.

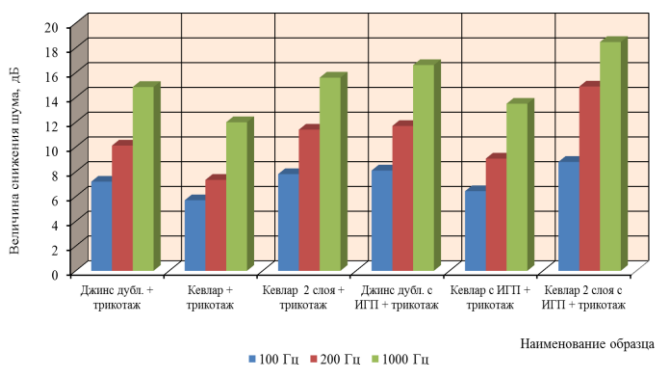


Рисунок 4 – Гистограмма, отображающая ВСШ для материалов с измененной геометрией поверхности

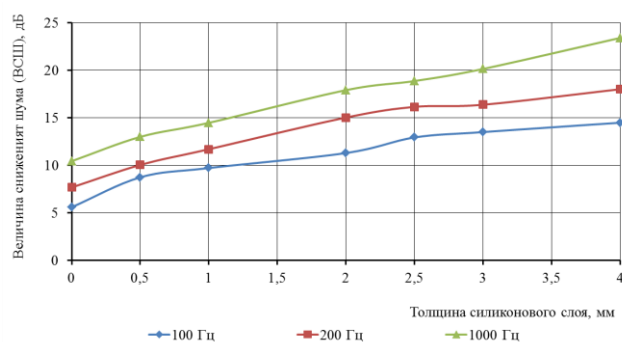


Рисунок 5 – График зависимости ВСШ от толщины силиконового слоя

Анализ графика показывает, что ВСШ увеличивается с повышением толщины силиконового слоя, который обладает шумозащитными свойствами. ВСШ варьируется

от 5 до 20 дБ при его использования в защитном комплекте. В последующем, силиконовый слой рекомендуется наносить на шумозащитные вставки и накладки для увеличения шумозащитных свойств комплекта. С целью усиления шумозащитных свойств материалов с изменением геометрии поверхности дополнительно вводятся силиконовые шнуры: ВСШ на 100 Гц составляет 12,9 дБ; ВСШ на 1000 Гц составляет 19,0 дБ.

**В третьей главе** диссертации представлено математическое моделирование процесса шумозащиты пакетом материалов. В результате обработки экспериментальных данных разработана математическая модель процесса шумозащиты пакетом материалов, устанавливающая зависимость величины снижения шума от толщин материалов пакета, плотности основного слоя пакета и температуры окружающей среды.

На величину снижения шума оказывают влияние следующие параметры:

- количество слоев материала в пакете;
- толщина каждого из слоев материалов;
- физико-механические свойства материалов (плотность, пористость и др.);
- температура пакета материалов равная температуре окружающего воздуха.

Целесообразность учета температуры выявлена во второй главе.

Для разработки математической модели на основе проведенных экспериментальных исследований выбран пакет №7М. Количество материалов в данном пакете равно пяти (основной материал, силиконовый слой, коверстат, иглопробивной материал, петрофом): 1 - основной слой -кевлар 0,78 мм; 2 - промежуточный силиконовый слой (выполненный на внутренней стороне основного материала) 2 мм; 3 - промежуточный слой – коверстат; 4 - промежуточный иглопробивной слой (4 мм); 5 - промежуточный слой – петрофом (8 мм); 6 - подкладочный материал - фланель (0,59 мм).

Помимо указанных пяти материалов присутствует (обязательный по СанПиН) подкладочный материал, который вследствие низких шумозащитных свойств в математическом моделировании не присутствует.

Целью математического моделирования является определение по результатам статистических исследований в форме спланированного эксперимента рациональных толщин материалов пакета, а также поверхностной плотности основного материала, при которых бы пакет максимально снижал уровень шума, проникающего через него.

В качестве входных параметров модели предложены следующие:

- 1) толщина основного слоя материала  $S_0$ , мм;
- 2) поверхностная плотность основного слоя материала  $\rho_0$ , г/м<sup>2</sup>;
- 3) толщины слоёв материалов  $S_1, S_2, S_3, S_4$ , мм;
- 4) температура окружающего воздуха  $T$ , °С.

Диапазон значений параметров соответствует условиям эксплуатации комплекта.

Параметром оптимизации модели, который также называют совокупным фак-

тором или функцией отклика, является величина снижения шума  $U_{BCШ}$ .

В результате обработки экспериментальных данных получена зависимость:

$$\begin{aligned} U_{BCШ} = & 27,59 + 3,949S_0 + 0,0211\rho_0 + 0,065S_1 + 0,0745S_2 + 0,2S_3 + \\ & + 0,0357S_4 + 0,0371T - 0,0083S_0 \cdot \rho_0 - 0,174S_0S_1 - 0,0097S_0S_2 + \\ & + 0,027S_0S_3 + 0,014S_0S_4 - 0,011S_0T + 0,00078\rho_0S_1 - 0,0002\rho_0S_2 - \quad (1) \\ & - 0,0003\rho_0S_3 + 0,0005\rho_0S_4 + 0,00008\rho_0T + 0,0048S_1S_2 - 0,0018S_1S_3 - \\ & - 0,0016S_1S_4 - 0,0008S_1T - 0,0027S_2S_3 + 0,0017S_2S_4 - 0,0009S_3S_4. \end{aligned}$$

Уравнение (1) определяет зависимость ВСШ от факторов  $S_0, \rho_0, S_1, S_2, S_3, S_4, T$ .

Используя взаимосвязь поверхностной и объемной плотностей через толщину основного материала  $\rho_0 = \rho_{об} \cdot S_0$  можно записать уравнение (1) в следующем виде

$$\begin{aligned} U_{BCШ} = & 27,59 + 3,949S_0 + 0,0211\rho_{об} \cdot S_0 + 0,065S_1 + 0,0745S_2 + 0,2S_3 + \\ & + 0,0357S_4 + 0,0371T - 0,0166 \cdot S_0 \cdot \rho_{об} - 0,174S_0S_1 - 0,0097S_0S_2 + \\ & + 0,027S_0S_3 + 0,014S_0S_4 - 0,011S_0T + 0,00078\rho_{об} \cdot S_0 \cdot S_1 - 0,0002\rho_{об} \cdot S_0 \cdot S_2 - \quad (2) \\ & - 0,0003\rho_{об} \cdot S_0 \cdot S_3 + 0,0005\rho_{об} \cdot S_0 \cdot S_4 + 0,00008\rho_{об} \cdot S_0 \cdot T + 0,0048S_1S_2 - \\ & - 0,0018S_1S_3 - 0,0016S_1S_4 - 0,0008S_1T - 0,0027S_2S_3 + 0,0017S_2S_4 - 0,0009S_3S_4. \end{aligned}$$

Помимо ВСШ необходимо учитывать также эксплуатационные характеристики шумозащитного жилета, определяющие комфортное пребывание человека в нем, в частности, тепловой комфорт в пододежном пространстве и масса жилета.

На основе математической модели разработана методика и компьютерная программа выбора рационального пакета материалов, одновременно удовлетворяющего условию требуемой защиты от шума, условию максимального теплового комфорта (с учетом теплообмена с окружающей средой) и условию минимальной массы комплекта. В разработанной программе исходными параметрами для расчета являются:

- температура воздуха на рабочем месте, °С;
- теплопродукция человека в процессе работы, ккал/ч;
- коэффициент теплоотдачи от поверхности одежды в окружающую среду (принимается в соответствии с ветровыми условиями), ккал/(м<sup>2</sup>·ч·°С);
- фактический уровень шума на рабочем месте, дБ;
- допустимый уровень шума на рабочем месте, дБ.

Алгоритм и интерфейс разработанной программы представлены на рисунках 6 и 7.

Результатом расчета в программе является перечень из 30 пакетов материалов, в наибольшей степени обеспечивающих требуемую величину снижения шума. При этом пакет материалов, стоящий на первом месте, является самым рациональным. В случае необходимости, когда несколько вариантов пакетов материалов имеют требуемую величину снижения шума, полученный список можно сортировать по двум признакам:

- по тепловому сопротивлению, характеризующему степень теплового комфорта;
- по массе костюма (чем меньше масса, тем выше уровень комфорта).

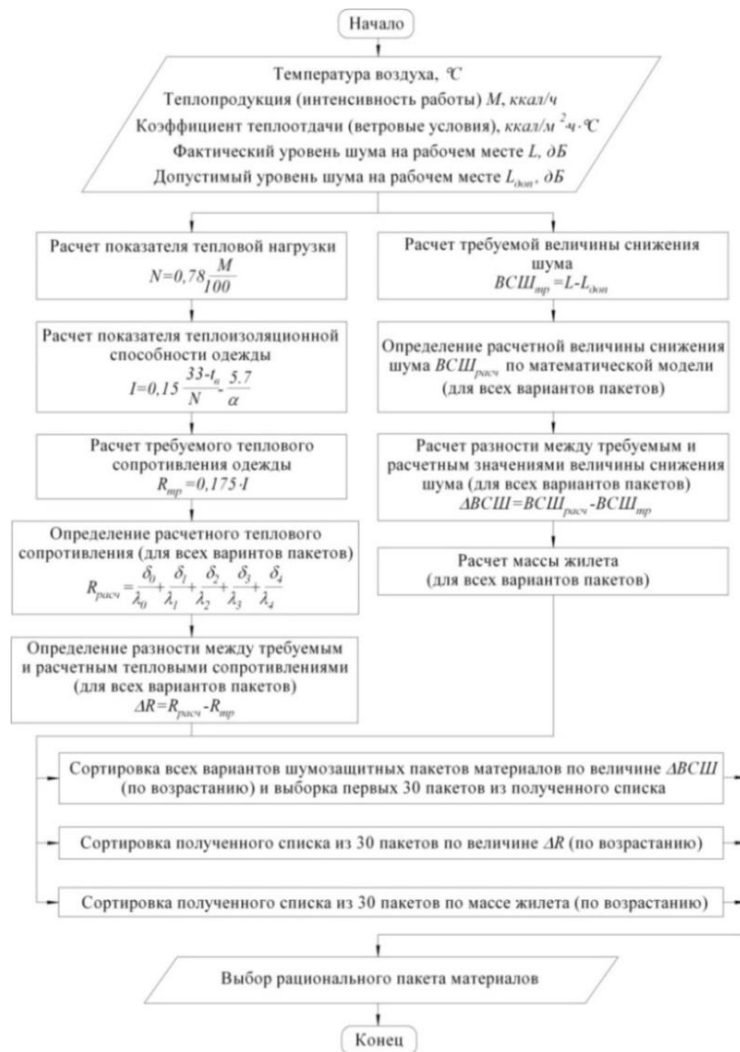


Рисунок 6 – Алгоритм программы для выбора рационального пакета материалов

Ветровые условия на рабочем месте  
 Фактический уровень шума на рабочем месте  
 Допустимый уровень шума на рабочем месте  
 Температура воздуха на рабочем месте  
 Теплопродукция человека  
 Справочные данные для выбора теплопродукции человека

Исходные данные  
 Температура, град: 12  
 Теплопродукция, ккал/ч: 230  
 Условия ветра: умеренный (1,3...7,4 м/с)  
 Допустимый уровень шума: 80 дБ  
 Реальный уровень шума: 112 дБ

Теплопродукция человека в различных условиях его деятельности (Колесников П.А. Теплозащитные свойства одежды)  
 Лодыга (3 км/ч) - 100...170 ккал/ч  
 Лодыга (5 км/ч) - 220...270 ккал/ч  
 Легкая физическая работа - 120...170 ккал/ч  
 Среднетяжелая физическая работа - 170...220 ккал/ч  
 Тяжелая физическая работа - свыше 220 ккал/ч

30 РАЦИОНАЛЬНЫХ ВАРИАНТОВ

Порядковый номер	Толщина слоя основн. матер.	Толщина слоя свитера	Толщина слоя ветровозщитной	Толщина слоя непромокаемой	Толщина слоя извештат	Плотность лиц. слоя	Толщина	Масса	BCШ	Разность теплового сопротивления (по модели)	Разность теплового сопротивления
2294	0,5	1	2	12	0	230	17,5	3,45	26,894	0,255359155	-0,255359155
14329	0,75	1	0	12	2	328	15,75	3,825	26,872	0,299795295	-0,299795295
16257	0,75	2	2	10	0	250	16,75	4,425	26,897	0,272405339	-0,272405339
49431	1,25	2	0	10	3	200	15,25	6,015	26,917	0,295689397	-0,295689397
19097	0,75	4	2	10	0	250	16,75	6,045	26,893	0,269716778	-0,269716778
52905	1,25	3	0	8	3	300	15,5	6,99	26,913	0,301566781	-0,301566781
45017	1,25	6	0	8	1	250	16,25	7,275	26,912	0,28094594	-0,28094594
815	0,5	0	2	8	5	400	15,5	7,53	26,865	0,306657919	-0,306657919
21322	0,75	6	2	8	8	250	16,75	7,665	26,899	0,267702819	-0,267702819
54445	1,5	4	4	6	0	400	15,5	8,11	26,894	0,296258885	-0,296258885
36013	1	6	0	6	0	300	16	8,52	26,908	0,282412753	-0,282412753
59443	1,5	1	4	6	3	350	15,5	8,95	26,896	0,301614801	-0,301614801
6395	0,5	4	6	8	5	350	15,5	9,03	26,882	0,303227619	-0,303227619

Сортировка всех возможных комбинаций по совпадению BCШ  
 Сортировка 30 первых комбинаций по массе костюма (по возрастанию)  
 Сортировка 30 первых комбинаций по тепловому сопротивлению пакета материалов

Рисунок 7 – Интерфейс программы выбора рационального пакета материалов

С помощью разработанной программы выбран рациональный пакет материалов для изготовления шумозащитного жилета и проведения дальнейших исследований. Данный пакет материалов при заданных климатических и акустических условиях обладает величиной снижения шума равной 28 дБ, что является весомым результатом по сравнению с известными аналогами специальной шумозащитной одежды.

**В четвертой главе** диссертации представлена разработанная конструкция и приведены результаты натурных испытаний шумозащитного комплекта на объекте газовой промышленности. Предложен принципиально новый подход к составлению многослойных конструкций для проектирования шумозащитного жилета, который при сохранении основной функции шумозащиты остается легким и эргономичным.

На рисунке 8 представлена модельная конструкция шумозащитного жилета с приведенными участками корректировки, для которых, в соответствии с поставленной задачей, теоретически и экспериментально выбраны и обоснованы прибавки для построения МК.

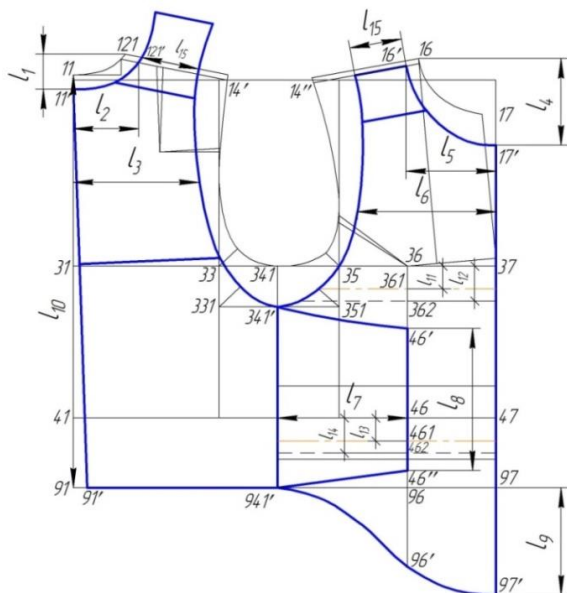


Рисунок 8 – Модельная конструкция шумозащитного жилета

На основе фиксированных наблюдений и субъективной оценки испытателя при носке образца шумозащитного жилета установлено соответствие эргономических показателей жилета ГОСТ Р ЕН 340-2010 «Одежда специальная защитная. Общие технические требования», рассчитаны оптимальные величины прибавок для шумозащитного жилета. При проектировании жилета предложен рациональный подход в конструировании изделия путем введения разноуровневых членений слоев материалов и их последующего закрепления для обеспечения пластичности изделия. При выполнении многократных наклонов вперед испытателем наблюдается возникновение слома (складки) ниже линии груди, а также ниже линии талии, на основе чего выявлены места расположения членений петрофома и иглопробивного материала в

жилете, а также способ их закрепления.

Уровень первого членения петрофома рассчитывается по формуле:

$$|36-361| = l_{11} = (T_{40} + \Pi - T_{39} + \Pi) / 2. \quad (3)$$

Уровень второго членения петрофома:

$$|46-461| = l_{13} = (0,65 \times (T_7 - T_{12}) + \Pi) / 2. \quad (4)$$

Уровень первого членения иглопробивного материала определяется по формуле:

$$|36-362| = l_{12} = (T_{40} + \Pi - T_{39} + \Pi) / 2 - 3,0. \quad (5)$$

Уровень второго членения иглопробивного материала:

$$|46-462| = l_{14} = (0,65 \times (T_7 - T_{12}) + \Pi) / 2 - 3,0. \quad (6)$$

В работе предложена методика проектирования шумозащитных вставок, позволяющая определять места их расположения на поверхности изделия, форму, размеры и состав пакета материалов, предложен нетрадиционный способ изготовления. Длина звуковой волны, от которой обеспечивается защита, определяется размерами вставки, которые в свою очередь определяются размерами защищаемых органов (суставов) и эргономическими показателями. Явление дифракции снижает защитный эффект препятствия в случае, когда длина волны превышает размеры преграды. Зная размеры коленных и локтевых суставов рассчитаны размеры соответствующих вставок: на коленный сустав - 28 см, на локтевой - 18 см, а на крестец - 14 см (рисунки 9).

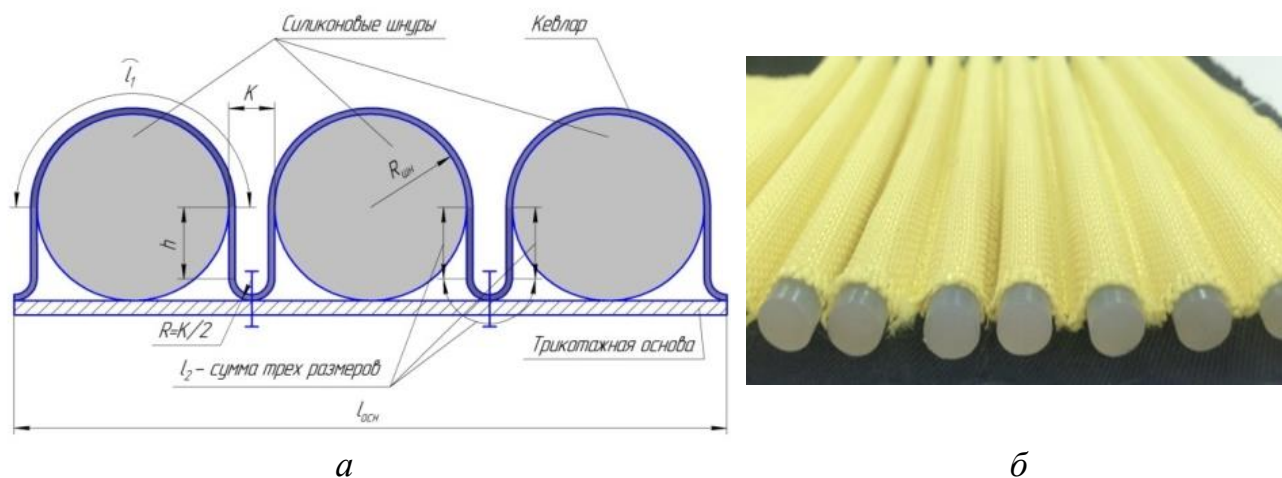


Рисунок 9 – Динамические шумозащитные вставки: а – схема; б – образец

Расход Кевлара зависит от размера вставки и определяется по зависимости:

$$l_{\text{кевл}} = \frac{k \cdot l_{\text{осн}}}{2 \cdot R_{\text{шн}} + K} \cdot \left[ (\pi \cdot R_{\text{шн}}) + \left( 2 \cdot \left( R_{\text{шн}} - \frac{K}{2} \right) + \pi \cdot \frac{K}{2} \right) \right], \quad (7)$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий толщину кевлара и степень его прилегания к силиконовым шнурам, зависящую от производственных условий изготовления.

На основе уравнения (7) рассчитан расход Кевлара при изготовлении вставок.

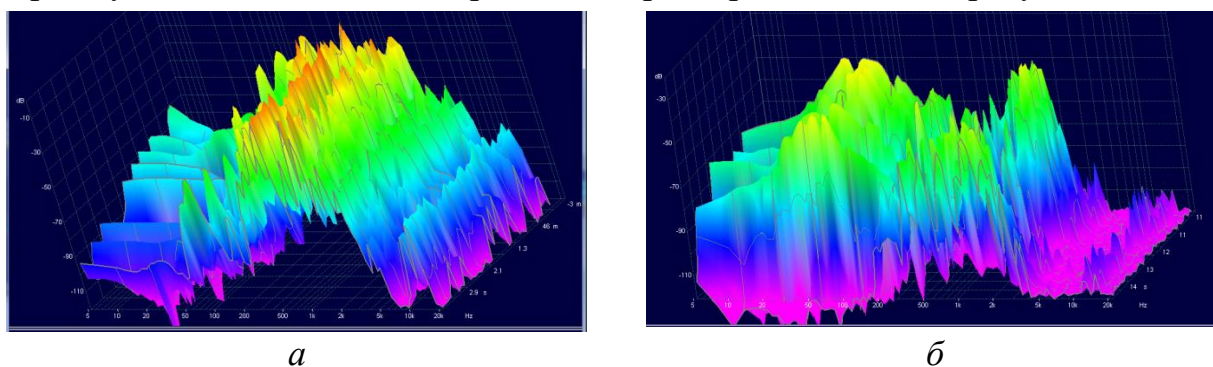
Разработана модельная конструкция шумозащитного комплекта и технология его изготовления, в соответствии с которой отшита опытная модель. На разработанный образец комплекта получен патент на полезную модель №135879 «Защитная одежда».

Проведены исследования разработанного шумозащитного комплекта в реальных условиях на объекте газовой промышленности. Исследования проводились по разработанной методике, включающей промежуточные анкетирования оператора компрессорной станции по оценке удобства одевания, свободы движения в комплекте и теплового комфорта в комплекте с постоянным мониторингом определения ВСШ в пододежном пространстве. Установлено, что разработанный комплект обеспечивает требования эргономики (по ГОСТ Р ЕН 340-2010) и необходимый тепловой комфорт в пододежном пространстве при сохранении шумозащиты (рисунок 10).



а б в  
Рисунок 10 – а,б) Шумозащитный комплект; в) Шумозащитный жилет

Согласно предложенной методике для определения ВСШ микрофон последовательно устанавливался на максимально подверженных воздействию шума участках пододежного пространства. Сигнал от микрофона, обрабатывался специализированной программой «OscilloMeter 7.30 - Demo». В результате получены объемные (трехмерные) спектры звукового сигнала, некоторые из которых представлены на рисунке 11.



а б  
Рисунок 11 – Объемный спектр звукового сигнала: а) в зоне обслуживания газораспределительной станции; б) полученный в брюшной области пододежного пространства



Установлено, что комплект обеспечивает ВСШ (в зависимости от защищаемого участка тела) на частоте 1000 Гц соответственно 12,8...38,8 дБ; на 500 Гц – 9,7...30,3 дБ; на 200 Гц – 5,8...18,3 дБ на 50 Гц – 2,4...7,6 дБ, что значительно, на 10-15 дБ, превышает результаты шумозащиты аналогов комплекта.

Комплект прошел производственную апробацию и внедрен в производство на ОАО «Газпром» «Газпром-трансгаз Ставрополь», ООО ЧОП «Тафри-охрана», ООО «Санмаркинвест». Апробация показала, что по конструктивному решению, внешнему виду и выполняемым функциям он соответствует требованиям, предъявляемым к этой группе изделий. Комплект рекомендован к внедрению на предприятиях с повышенным уровнем шума для одновременной защиты от пониженных температур.

## **ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ**

1. На основе изучения статистических данных, специализированной справочной, медицинской и технической литературы проведен комплексный анализ системы «Человек – Одежда для защиты от повышенного уровня шума – Агрессивная акустическая среда». Обоснована актуальность проектирования специальной одежды для защиты от воздействия агрессивной акустической среды в производственных условиях. Сформулирован комплекс требований, которым должна соответствовать специальная шумозащитная одежда. Обоснована необходимость использования в составе комплекта шумозащитного жилета, дополнительных шумозащитных вставок. Определен критерий оценки шумозащитных свойств, как отдельных материалов, так и пакетов из них.

2. Разработана конструкция экспериментальной установки, на которую получен патент на полезную модель №132898 «Стенд для измерения акустических параметров материалов, используемых для изготовления защитной одежды». Исследованы шумозащитные свойства материалов различного назначения, обладающих разными физическими и геометрическими характеристиками в переменных условиях климатической среды.

3. Выполнены исследования влияния состава и порядка компоновки слоев материалов в пакете на величину снижения шума, в результате которых определен наиболее перспективный состав пакета материалов шумозащитной одежды.

4. Экспериментально доказана целесообразность использования в шумозащитном комплекте разработанных образцов композиционных материалов с нанесенным силиконовым слоем, на основе чего предложен принципиально новый состав пакета материалов для шумозащитного жилета.

5. Разработана математическая модель процесса шумозащиты в системе «Человек – Одежда для защиты от повышенного уровня шума – Агрессивная акустическая среда», устанавливающая взаимосвязь между величиной снижения шума пакетом

материалов, изменяющимися характеристиками материалов в пакете и параметрами климатической среды.

6. Разработана методика автоматизированного выбора рационального пакета материалов жилета, одновременно удовлетворяющего условиям требуемой защиты от шума, максимального теплового комфорта (с учетом теплообмена с окружающей средой) и минимальной массы изделия. Выбран рациональный пакет материалов для изготовления шумозащитного жилета.

7. Предложен способ изготовления шумозащитных динамичных вставок шумозащитной одежды с системой членений, позволяющих увеличить эксплуатационный комфорт.

8. Разработана модельная конструкция и технология изготовления шумозащитного комплекта с использованием композиционного материала. Определены места расположения шумозащитных вставок для проектируемых изделий, их конфигурация и состав. Изготовлен комплект шумозащитной одежды (патент на полезную модель №135879 «Защитная одежда»).

9. Проведена апробация шумозащитного комплекта с использованием акустического комплекса в производственных условиях на объекте газовой промышленности, по результатам которой установлено, что комплект обеспечивает величину снижения шума, в зависимости от защищаемого участка тела, до 38,8 дБ, что значительно, на 10-15 дБ, превышает результаты шумозащиты аналогов. Достигнутые значения величины снижения шума согласованы с результатами расчетов программы выбора рационального пакета материалов, являются достаточными для обеспечения безопасности пребывания рабочего в условиях агрессивной акустической среды и соответствуют полученной при математическом моделировании величине снижения шума.

Список работ по теме диссертации:

*Статьи в рецензируемых журналах, входящих в «Перечень ВАК РФ»:*

1. Скребцова, Ю.В. Новое в методах оценки акустических свойств текстильных тканей, используемых при проектировании специальной одежды печатная / Ю.В. Скребцова, С.В. Куренова, С.А. Козлов //Швейная промышленность.–2012, №1. С. 36-40 (0,96 п.л., личного вклада 0,35).

2. Скребцова, Ю.В. Исследование зависимости величины снижения шума от структуры пакетов материалов при проектировании индивидуальных защитных конструкций / Ю.В. Скребцова, С.В. Куренова //Швейная промышленность. – 2012, №5. С. 25-33 (0,55 п.л., личного вклада 0,3).

3. Скребцова, Ю.В. Разработка и исследование шумозащитного комплекта специальной одежды для эксплуатации в условиях производственной среды / Ю.В. Скребцова, С.В. Куренова //Швейная промышленность. – 2013, №5. С.27-29 (0,69 п.л., личного вклада 0,3).

да 0,4).

*Статьи, входящие в международную базу Scopus:*

1. Cherunova I.V., Kolesnik S.A., Kurenova S.V., Eremina Yu.V., Merkulova A.V., Cherunov P.V. 26УГ Study of the structural and acoustic properties of clothing materials for thermal protection of human (2015) International Journal of Applied Engineering Research (ISSN 0973-4562). - Volume 10. - Number 19 (2015). -pp 40506-40512. <http://www.ripublication.com/Volume/ijaerv10n19.htm> (1,0 п.л., личного вклада 0,2).

*Патенты:*

1. Патент на полезную модель №135879 РФ Защитная одежда / Ю.В. Скребцова, С.В. Куренова. Опубликовано 10.01.2013 г.

2. Патент на полезную модель №132898 РФ Стенд для измерения акустических параметров материалов, используемых для изготовления защитной одежды / Ю.В. Скребцова, С.В. Куренова. Опубликовано 10.01.2013 г.

3. Патент на изобретение № 2511146 РФ Способ нанесения теплозащитного электропроводящего покрытия на углеродные волокна и ткани. Опубликовано 04.02.2014 г.

*Другие публикации:*

1. Скребцова, Ю.В. Построение модели системы "одежда-среда агрессивных звуковых воздействий" как сиз человека в условиях повышенной шумовой нагрузки. / Е.А. Дрофа, С.В. Куренова // Научно-технический журнал «Технико-технологические проблемы сервиса», Санкт-Петербург, 2010 –92-96 с.

2. Скребцова, Ю.В. Определение эффективности звукопоглощения текстильных материалов/ С.В. Куренова // Сборник материалов межвузовской научно – практической конференции. Развитие инновационных направлений в образовании, экономике, технике и технологиях, Ставрополь 2011 –88-90 с.

3. Скребцова, Ю.В. Определение уровня остаточной шумовой нагрузки при испытании текстильных материалов / С.В. Куренова // II Международная научно-практическая конференция «Текстиль, одежда, обувь, средства индивидуальной защиты в 21 веке» Шахты 2011. –198-202 с.

4. Скребцова, Ю.В. Исследование физических параметров текстильных материалов с целью оценки их шумозащитных свойств / С.В. Куренова // III Международная научно-практическая конференция «Текстиль, одежда, обувь, средства индивидуальной защиты в 21 веке» Шахты 2012. –136-139 с.

5. Скребцова, Ю.В. Требования к проектированию шумозащитных жилетов / О.А.Тебякина // Сборник материалов межвузовской научно – практической конференции. Развитие инновационных направлений в образовании, экономике, технике и технологиях – Ставрополь, 2012. –140-143 с.

6. Скребцова, Ю.В. Оценка физических параметров текстильных материалов и ис-

следования их шумозащитных свойств / С.В. Куренова, С.А. Козлов //Сборник материалов межвузовской научно-практической конференции. Развитие инновационных направлений в образовании, экономике, технике и технологиях, Ставрополь 2012. –88-92 с.

7. Скребцова, Ю.В. Определение перспективных материалов и пакетов из них для проектирования шумозащитного костюма / С.В. Куренова, А.В. Малсугенов //Сборник материалов межвузовской научно-практической конференции. Развитие инновационных направлений в образовании, экономике, технике и технологиях, Ставрополь 2012. –75-79с.

8. Скребцова, Ю.В. Разработка и исследование эффективности шумозащитных композиционных материалов костюма / С.В. Куренова, А.В. Малсугенов //Сборник материалов межвузовской научно-практической конференции. Развитие инновационных направлений в образовании, экономике, технике и технологиях, Ставрополь 2013. –192 с.

9. Скребцова, Ю.В. Исследование влияния влажности материала на величину снижения шума костюма / С.В. Куренова //Сборник материалов межвузовской научно-практической конференции. Развитие инновационных направлений в образовании, экономике, технике и технологиях, Ставрополь 2013. –104-107 с.

10. Еремина, Ю.В. Проектирование шумозащитного комплекта для работников предприятий с агрессивной акустической средой /С.В. Куренова // НаукаПарк, научно-практический многопредметный журнал, ООО Издательский дом «Тэсэра», №3, Ставрополь, 2014 – 95-98 с.

11. Еремина, Ю.В. Планирование многофакторного эксперимента процесса прохождения шума сквозь сэндвич материалов шумозащитного жилета / С.В. Куренова, О.А. Бардакова // Инновационные направления в образовании, экономике, технике и технологиях: Международная научно-практическая конференция: сборник статей в 2-х частях, под редакцией В.Е. Жидков, Ставрополь, 2014.– 283-288 с.

12. Еремина, Ю.В. Проектирование шумозащитного комплекта для работников предприятий с агрессивной акустической средой / С.В. Куренова, Е.В. Скребцова // Наука Парк (научно-практический многопредметный журнал): ООО Издательский Дом «ТЭСЭРА» - Вып. №2 (22) Ставрополь, 2014. – 34-38 с.

13. Еремина, Ю.В. Социально-экономический эффект использования шумозащитных костюмов в промышленности / С.В. Куренова// Международная научно-практическая конференция: сборник статей в 2-х частях. Инновационные направления развития в образовании, экономике, технике и технологиях, Ставрополь, 2015. – 96-99 с.

14. Еремина, Ю.В. Разработка компьютерной программы для выбора рационального пакета материалов / С.В. Куренова // Международная научно-практическая конференция: сборник статей в 2-х частях. Инновационные направления развития в образовании, экономике, технике и технологиях, Ставрополь, 2015 – 158-163 с.

**ЕРЕМИНА ЮЛИЯ ВИКТОРОВНА  
РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОДЕЖДЫ  
ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ  
АГРЕССИВНОЙ АКУСТИЧЕСКОЙ СРЕДЫ**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук  
Специальность 05.19.04 – «Технология швейных изделий»

Бумага офсетная. Печать цифровая  
Усл.-печ. – 1,0 п.л. Тираж 80 экз. Заказ № \_\_\_\_  
Редакционно-издательский отдел МГУДТ  
117997, г. Москва, ул. Садовническая, дом 33, стр. 1  
Отпечатано в РИО МГУДТ