

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал)
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Донской государственный технический университет»
в г. Шахты Ростовской области
(ИСОиП (филиал) ФГБОУ ВО ДГТУ в г. Шахты Ростовской области)

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

диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель
кандидат технических наук, доцент
Куренова С.В.

Шахты, 2016 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
Глава 1 Анализ вопроса проектирования шумозащитной одежды.....	14
1.1 Анализ причин возникновения производственного шума, представляющего опасность для здоровья человека.....	15
1.2 Медицинский аспект воздействия шума на организм человека.....	19
1.3 Анализ требований, предъявляемых к проектированию специальной одежды для нефтегазовой промышленности.....	28
1.4 Ассортимент материалов для проектирования специальной одежды для нефтегазового промышленности.....	30
1.5 Анализ современных средств индивидуальной защиты человека от агрессивного воздействия шума.....	32
1.5.1 Анализ средств индивидуальной защиты органов слуха и головы.....	32
1.5.2 Анализ средств защиты тела и внутренних органов человека от шума	35
1.6 Анализ современных материалов и покрытий с повышенными шумозащитными свойствами.....	41
1.6.1 Звукопоглощающие и звукоизолирующие материалы.....	41
1.6.2 Вибропоглощающие (вибродемпфирующие) материалы.....	43
1.7 Перспективные направления исследований шумозащитных материалов, с учетом воздействия внешних факторов окружающей среды	46
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 1.....	52
Глава 2 Экспериментальное исследование шумозащитных свойств материалов и пакетов из них.....	54
2.1 Описание экспериментальной установки.....	55
2.2 Исследование шумозащитных свойств материалов.....	56
2.2.1 Оценка величины снижения шума материалами.....	59
2.2.2 Исследование влияния ориентации материала по отношению к источнику звука.....	65
2.2.3 Исследования влияния изменения геометрии поверхности	

материалов на величину снижения шума.....	71
2.3 Исследование влияния состава и порядка компоновки слоев материалов в пакете на величину снижения шума.....	73
2.3.1 Исследование влияния числа слоев материала на величину снижения шума.....	74
2.3.2 Исследование влияния порядка компоновки слоев материалов в пакете на величину снижения шума.....	77
2.3.3 Исследование величины снижения шума пакетами материалов.....	85
2.4 Разработка и исследование эффективности шумозащитных композиционных материалов.....	87
2.5 Влияние факторов переменной климатической среды на величину снижения шума.....	90
2.5.1 Исследование влияния влагосодержания в материалах на величину снижения шума.....	90
2.5.2 Влияние температуры на величину снижения шума.....	94
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 2.....	96
Глава 3 Математическое моделирование процесса шумозащиты с помощью средств индивидуальной защиты.....	98
3.1 Организация многофакторного эксперимента.....	98
3.2 Описание планирования эксперимента для шумозащитного пакета материалов.....	98
3.3 Построение уравнения квадратичной регрессии, описывающей параметр оптимизации величины снижения шума.....	112
3.4 Определение параметра оптимизации в области регулируемых входных параметров плана эксперимента.....	117
3.5 Нахождение максимального значения величины снижения шума.....	119
3.6 Разработка расчетной программы для выбора рационального пакета материалов при проектировании комплекта специальной одежды.....	122
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 3.....	126

Глава 4 Разработка конструкции и технологии изготовления шумозащитного комплекта с последующим исследованием в реальных условиях.....	127
4.1 Разработка конструкции специального шумозащитного комплекта.....	128
4.1.1 Проектирование шумозащитного комплекта	129
4.1.2 Разработка конструкции шумозащитного жилета.....	140
4.2 Разработка технологии изготовления шумозащитного комплекта.....	148
4.3 Исследование свойств разработанного шумозащитного комплекта в реальных условиях.....	153
4.4 Социально-экономический эффект от использования шумозащитных комплектов в промышленности.....	162
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 4.....	165
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	167
Список сокращений.....	169
Список литературы.....	170
Список иллюстрированного материала.....	189
Приложение А.....	195
Приложение Б.....	204
Приложение В.....	205
Приложение Г.....	209
Приложение Д.....	211
Приложение Е.....	213
Приложение Ж.....	214
Приложение З.....	223
Приложение И.....	226
Приложение К.....	233
Приложение Л.....	251
Приложение М.....	254
Приложение Н.....	257

ВВЕДЕНИЕ

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. Поэтому проблема защиты от шума и шумового загрязнения остро стоит для всех сфер деятельности человека.

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 нефтегазовая, химическая, нефтехимическая, автомобилестроительная, авиакосмическая, деревообрабатывающая, промышленность строительных материалов и строительство, тяжелое машиностроение, черная металлургия, полиграфия и сельское хозяйство, а также на транспорте.

Нефтегазовый комплекс сегодня является базовой отраслью экономики России, удовлетворяет наибольшую часть энергетической потребности России и вносит весомый вклад в энергетический баланс зарубежных стран. В настоящее время ОАО «Газпром» располагает крупнейшей в мире газотранспортной системой (ГТС), успешно работает в рыночных условиях и вносит весомый вклад в социально-экономическое развитие страны. В настоящее время намечен курс на взаимодействие и сотрудничество России и Китая, вследствие чего «Газпром» и китайская CNPC в 2014 году подписали юридически обязывающее соглашение об основных условиях поставок российского газа в КНР по так называемому восточному маршруту. Газпром совершил мощный прорыв в восточном направлении. Полным ходом идет формирование Якутского центра газодобычи с гигантскими запасами газа.

Активно строится газопровод «Сила Сибири» – ключевой элемент системы газоснабжения на Востоке России, газовая артерия «восточного» маршрута. С учетом крайне высокой емкости китайского энергетического рынка прорабатывается вопрос поставок газа Группы Газпром в Китай еще по одному маршруту – «западному». Дан старт одному из крупнейших в мире инфраструктурных проектов «Турецкий поток». Соглашение предусматривает строительство двух ниток магистрального трубопровода по дну Черного моря, которые будут введены в эксплуатацию к декабрю 2019 года. Одна из ниток предусмотрена для поставок газа непосредственно на турецкий рынок, другая – для поставок газа транзитом через территорию Турции в европейские страны. Также Газпром продолжает освоение Арктики. На Ямале, будущем флагмане отечественной газовой отрасли, начал работу новый, второй по счету, газовый промысел Бованенковского месторождения – крупнейшего на полуострове. Теперь на Бованенково ежегодно можно добывать 90 миллиардов кубометров газа [1].

В связи с такой стратегией развития на данный момент приоритетными научно-техническими проблемами по представлению газодобывающих предприятий, в частности, ОАО «Газпром» на 2016-2030 г. является обеспечение безопасности деятельности общества. И основным направлением является «разработка технологий, технических средств и организационных мероприятий, направленных на повышение безопасности производственного комплекса». В частности, серьезной проблемой является снижение шума от центробежных компрессорных машин (составная часть газодобывающих объектов производства), такой шум часто превышает допустимые санитарные нормы. Так, в ОАО «Газпром» сотрудниками ООО «ВНИИАГАЗ» разработан и действует ряд стандартов, направленных на решение проблемы повышенного шума [2-4]. Наиболее прогрессивным способом снижения шума является его подавление в источнике возникновения, что может быть эффективно осуществлено, в первую

очередь, на стадии проектирования агрегата. Однако снижение шума в источнике является недостаточным при существующих методах проектирования, и, как следствие, уровень воздействия шума на тело человека остается опасным. В связи с этим приобретает актуальность задача индивидуальной защиты персонала, работающего в непосредственной близости к объектам – источникам опасного уровня шума.

Промышленные производственные шумы в ряде случаев настолько сильно влияют на организм, что это сказывается на производительности труда работника и в конечном итоге на его здоровье. Одним из средств защиты организма от вредного воздействия производственного шума является применение в элементах одежды таких материалов, которые способны эффективно ослаблять акустические колебания на пути к телу человека и, соответственно, на пути к внутренним органам человека. В этом случае используют такие средства индивидуальной защиты от шума, как беруши, наушники и шлемы. Однако при высоких уровнях шума опасности подвергаются не только органы слуха и головной мозг, но и внутренние органы тела человека [5]. В этих условиях для комплексной защиты человека наиболее действенным средством является совместное использование существующих средств индивидуальной защиты (СИЗ) и шумозащитного костюма.

Предметно рассмотрены способы и методы проектирования различных видов специальной одежды, в том числе и с определенными заданными функциями, в работах отечественных и зарубежных ученых И.Ю. Бринка, И.В. Черуновой, Е.Я. Сурженко. Проектирование средств индивидуальной защита с дополнительной функцией шумозащиты перспективное, но малоизученное направление, тем не менее некоторые аспекты изучаются и рассматриваются в работах В.Н. Зинкина, С.К. Солдатова, А.Л. Терехова, М.Н. Дробаха, С.В. Куреновой, Е.А. Дрофа, Н.А. Куралесина, Н.И. Иванова.

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

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.

Для реализации поставленной цели решаются 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 применения 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.

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.

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 комплекта (патент №135879 «Защитная одежда», опубликован 10.01.2013 г.).

Апробация результатов исследования.

Основные результаты диссертационной работы докладывались и получили положительную оценку на:

- I Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Мода и дизайн. Современная одежда и аксессуары 2009» Ростов-на-Дону, 2009;

- II Международной научно-практической конференции «Инновационные процессы в сфере сервиса: проблемы и перспективы». 2010 г., Санкт-Петербург, СПбГУСЭ;

- I Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Мода и дизайн. Современная одежда и аксессуары 2010» Ростов-на-Дону, 2010;

- I Международной Экологической Недели в ЮФО и СКФО, 2013г.

- Межвузовской научно-практической конференции. Развитие инновационных направлений в образовании, экономике, технике и технологиях. 19-21 мая 2009 года, г. Ставрополь, СТИС ЮРГУЭС;

- Межвузовской научно-практической конференции. Развитие инновационных направлений в образовании, экономике, технике и технологиях. 22-23 мая 2010 года, г. Ставрополь, СТИС ЮРГУЭС;

- Межвузовской научно-практической конференции. Развитие инновационных направлений в образовании, экономике, технике и технологиях. 20-22 мая 2011 года, г. Ставрополь, СТИС ЮРГУЭС;

- Межвузовской научно-практической конференции. Развитие инновационных направлений в образовании, экономике, технике и технологиях. (17-20 мая 2012 г), г. Ставрополь 2012г.;

- Межвузовской научно-практической конференции. Развитие инновационных направлений в образовании, экономике, технике и технологиях. (21-22 мая 2013 г), Ставрополь 2013г.;

- Межвузовская научно-практическая конференция. Развитие инновационных направлений в образовании, экономике, технике и технологиях.

(18-20 мая 2013 г), Ставрополь 2014г.;

- Межвузовская научно-практическая конференция. Развитие инновационных направлений в образовании, экономике, технике и технологиях.

(18-20 мая 2013 г), ТИС (филиал) ДГТУ, Ставрополь 2015г.;

-Участие в программе «Старт-2009» фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере;

- Участие в смотре-конкурсе «Эврика-2009». Пути защиты человека от вредных условий производства на основе применения композиционных материалов;

- Участие в школе-семинаре «III Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Защита населения от повышенного шумового воздействия», Санкт-Петербург, 20-24 марта 2011г.;

- Участие в Федеральном окружном соревновании «Шаг в будущее», Ставрополь, ноябрь 2011. Диплом первой степени. «Акустические свойства текстильных материалов»;

-Участие в грантовом конкурсе Всероссийского фонда «Национальные перспективы» на Молодёжном межрегиональном образовательном форуме «СелиАС - 2013», Астрахань , 7-11 сентября 2013г.;

-Участие в грантовом конкурсе Ростовской области Молодежный инновационный конвент, 13-14 сентября 2014 г.

Внедрение результатов исследования Результаты диссертационной работы апробированы и внедрены на предприятиях ООО «Газпром трансгаз Ставрополь» п. Рыздвяный, СК, ООО «Санмаркинвест» г. Ставрополь, ООО ЧОП «Тафри-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 проведенных исследований 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.

Структура и объем работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, выводов, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертационной работы составляет 261 страницу текста, включающих 76 рисунков и 18 таблиц. Список использованной литературы содержит 182 источника. Приложения представлены на 66 страницах.

ГЛАВА 1 АНАЛИЗ ВОПРОСА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ШУМОЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ

Среди факторов окружающей среды на производстве, оказывающих вредное влияние на здоровье работающих, одним из ведущих является акустический шум. Фактор шума становится всё более определяющим среди различных экологических факторов в развитых странах. Развитие техники и технологий неизбежно ведет к образованию акустических полей на селитебных территориях. Все чаще обращают внимание на экологическое загрязнение акустического характера и чаще поднимается вопрос о защите работников производства и населения от разного вида шума (рисунок 1.1) [6].

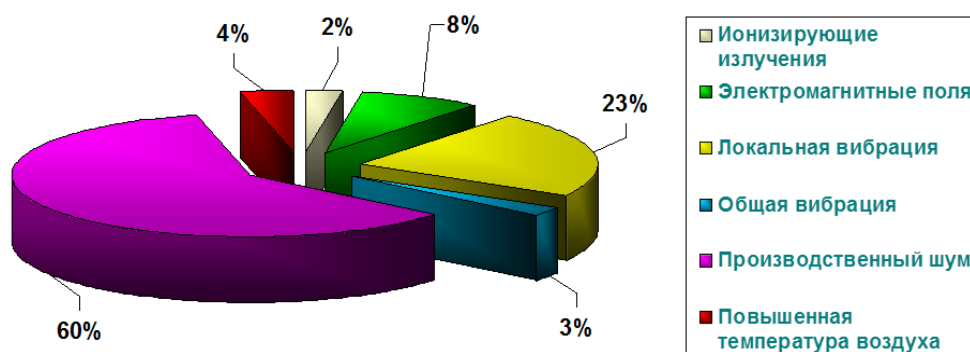


Рисунок 1.1 – Доля основных вредных производственных физических факторов

Под шумовым воздействием, в том числе объектов энергетики, находятся очень большие группы населения, особенно в крупных городах. Свыше 60 % населения крупных городов проживает в условиях чрезмерного шума. Известно, что увеличение шума от нормы на 25 дБ снижает производительность труда на 20-25 %, приводит к увеличению нестабильной работы (брака) на 12,5 %. Изучение этой проблемы позволяет сделать вывод, что снижение уровня шума всего на 1дБ позволило бы повысить производительность труда на 0,3-1,0 %. В масштабах страны эта цифра является более чем внушительной [7].

1.1 Анализ причин возникновения производственного шума, представляющего опасность для здоровья человека

В последние годы прослеживается тенденция к увеличению количества промышленных объектов с источниками интенсивного шума на рабочих местах. Безусловно, борьба с шумом на рабочих местах ведется, но зачастую уровень шума остается крайне высоким и часто опасным. На рисунке 1.2 показаны районы с высоким уровнем зашумленности селитебной территории промышленных предприятий России [8].

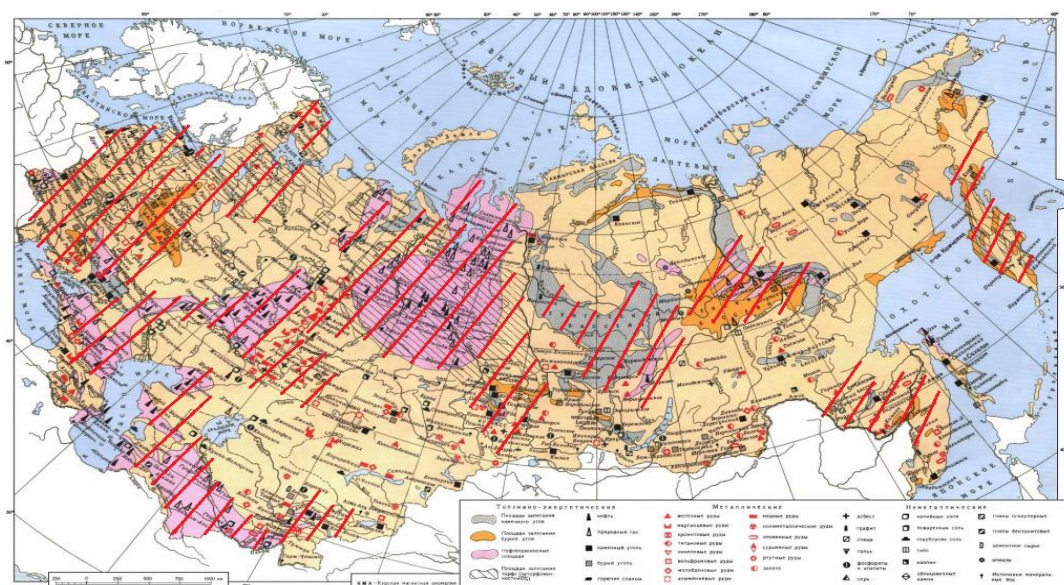


Рисунок 1.2 – Районы с высоким уровнем зашумленности селитебной территории

Производственный шум может иметь различное происхождение: механический шум, аэродинамический шум [9-10]. Главными причинами превышения уровня шума на рабочих местах над допустимыми является несовершенство технологических процессов, конструктивные недостатки технологического оборудования и инструментов, а также их физический износ и невыполнение планово-предупредительных ремонтов [11-14].

При анализе источников шума учитывают следующие факторы:

- размещение источников (внутри помещений или на открытом воздухе);
- уровень излучаемой звуковой мощности;
- характер шума (тональный или широкополосный), частота и временная характеристика излучаемого шума (временный, постоянный или прерывистый) (таблица 1.1);

Таблица 1.1 – Классификация частоты октавных полос звука

Наименование диапазона частот	Обозначение диапазона частот	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц
Низкочастотный	Н	100, 125, 160, 200, 250, 315
Среднечастотный	С	400, 500, 630, 800, 1000, 1250
Высокочастотный	В	1600, 2000, 2500, 3150, 4000, 5000

- характер направленности шума от источника;
- место расположения над уровнем земли для источников, находящихся на открытом воздухе.

От энергетического объекта излучается, как правило, шум от целой группы источников. Так сильным источником шума может быть компрессорная станция, а для ТЭС, работающих на природном газе – газораспределительные помещения (ГРП) и газопроводы после него. Превышение допустимых норм для рабочих зон по уровню звука при работе различного энергетического оборудования по результатам измерений на расстоянии 1 м представлено на рисунке 1.3 [20-21].

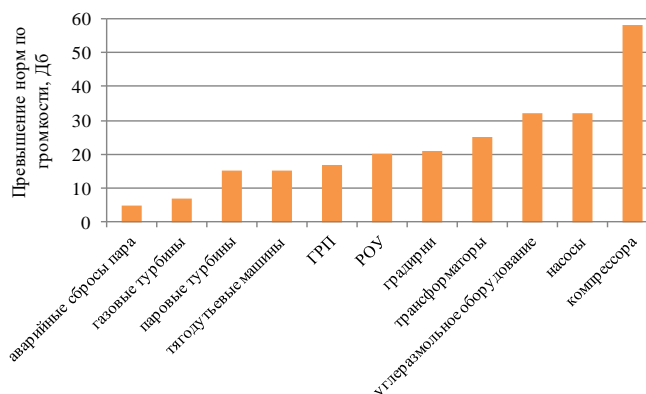


Рисунок 1.3 – Превышение допустимых норм шума на расстоянии 1 м, дБ

В работе представлены исследования и разработки применительно к нефтегазовой отрасли как потенциальному заказчику СИЗ. Наиболее мощным источником шума является сброс пара. Постоянным источником шума, сильно воздействующим на окружающий район, являются так же воздушные и газовые тракты, шум через которые излучается от газовых турбин, тягодутьевых машин или связан с процессами горения, газораспределительный пункт и газопроводы после него, корпуса тягодутьевых машин, силовые трансформаторы и градирни, шум проникающий из различных помещений. Механизация процессов и операций при добыче нефти и газа приводит к значительному увеличению шума и вибрации на производственных местах. Источниками этого увеличения является оборудование бурильной установки. Так, при бурении нефтяной скважины, средний уровень шума достигает 115-145 дБ. Таким образом, защита от повышенного уровня шума, образующегося на нефтегазодобывающих предприятиях, является наиболее актуальной.

Для решения поставленных задач исследования проводятся на территории предприятия КС «Ставропольская», которое входит в систему газопровода «Голубой поток» (Рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 – КС «Ставропольская»

Газодобывающая станция обладает следующими характеристиками:

- производительность станции составляет 50 млн. куб. м газа в сутки;

- мощность - 60 МВт;
- оснащена пятью газоперекачивающими установками "Урал" с приводными авиадвигателями, газоизмерительной станцией, системами очистки и охлаждения газа (рисунок 1.5).



Рисунок 1.5 – Приводной авиадвигатель на газоперекачивающей установке

Сотрудники компрессорной станции постоянно осуществляют контроль за работой агрегатов. Во время работы газоперекачивающих агрегатов (ГПА) эксплуатационный персонал компрессорного цеха обязан: поддерживать требуемый режим работы ГПА, обеспечивая его наиболее экономичную загрузку; следить за показаниями приборов; поддерживать температуру масла на выходе из маслоохладителей, следить за чистотой фильтров в маслосистеме в маслобаке; осуществлять контроль за работой системы уплотнения по уровню масла в поплавковой камере, перепаду давления «масло-газ», расходу масла и загазованности маслосистемы; следить за перепадом давления на воздушных фильтрах воздухозаборной камеры, за их чистотой. В случае загрязнения или обледенения (перепад давления выше 980 Па) фильтры и воздухозаборная камера чистятся оператором на остановленном агрегате; также оператор ведет необходимые записи в эксплуатационных документах и ведомостях, строго выполняя требования должностных и эксплуатационных инструкций. Таким образом, наблюдается систематический контакт производственного оборудования (производственной среды) с человеком.

Несмотря на применение современного оборудования, уровень шума в момент выброса газа достигает критических значений, что является угрожающим для здоровья рабочего персонала. Анализ и исследование шума на территории станции вблизи рабочих агрегатов компрессоров показал, что уровень шума может достигать порядка 120-130 Дб [22]. Исходя из этого, в зоне работы приводящих двигателей и в непосредственной близости с ГПА-12 сотрудники газоперекачивающих станций подвергаются воздействию шума от 80 дБ до 120 дБ, что превышает допустимые значения по санитарным нормам в диапазоне частот от 250 до 8000 Гц. Производственный процесс добычи, транспортировки и хранения природного газа порождает ряд факторов, которые определяют условия труда, делают его отличным от труда в других отраслях промышленности [23]. В этом случае защита персонала от шума может быть осуществлена не только специальными подходами по шумоизоляции оборудования, но и с помощью средств индивидуальной защиты. Реализация мероприятий, таких как применение износостойких материалов, обеспечивающих защиту от шума, применение защитных элементов конструкции, обеспечение психоадаптивных свойств одежды, положена в настоящем исследовании в основу разработки защитной одежды для работников нефтегазовой промышленности для эксплуатации в осенне-зимний период. Выбор сезонности разрабатываемой защитной одежды связан с тем, что на территории России усредненный холодный период года составляет семь месяцев, в некоторых регионах период продлевается до 8-9 месяцев [24,25].

1.2 Медицинский аспект воздействия шума на организм человека

Влияние шума на организм человека зависит, прежде всего, от интенсивности, частотного состава и продолжительности его воздействия, а также от местонахождения человека и характера работы [7]. Воздействие производственного шума по-разному проявляется у людей в зависимости от

возраста, состояния здоровья, характера труда, физического и душевного состояния. Зачастую шум, создаваемый самим человеком, его не беспокоит, в то же время посторонние шумы оказывают сильное раздражающее действие [35]. Действие шума на организм человека отягощается вынужденным положением тела, повышенным вниманием, нервно-эмоциональным напряжением, неблагоприятным микроклиматом, совместным действием с вибрацией. Чем шум сильнее и чем больше его продолжительность действия на организм, тем более значительные функциональные нарушения он вызывает [26, 36-38]. Отрицательное влияние на психику человека оказывает недостаточная разборчивость речи в условиях шумного производства. Диапазон звуков, воспринимаемых человеком, ограничивается как частотами (от 20 до 20000 Гц), так и предельными значениями звуковых давлений. Область слухового восприятия человека наглядно представлена на рисунке 1.6 [9].

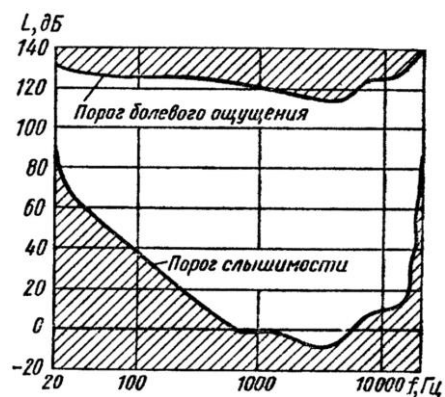


Рисунок 1.6 – Слуховое восприятие человека

В настоящее время накоплены многочисленные данные, позволяющие судить о характере и особенностях влияния шумового фактора на слуховую функцию. При постоянном воздействии шума на орган слуха наступает утомление [26-29], которое, повторяясь изо дня в день, приводит к тому, что восстановление слуха оказывается неполным к моменту следующего шумового воздействия. В результате появляется состояние переутомления, что со временем может привести к глухоте [30-34].

Однако кроме действия шума на орган слуха, установлено его негативное влияние на многие органы и системы организма, в первую очередь на центральную нервную систему, функциональные изменения в которой происходят раньше, чем диагностируется нарушение слуховой чувствительности [39].

Звуковые колебания могут восприниматься не только ухом, но и непосредственно через кости черепа (так называемая костная проводимость). Уровень шума, передаваемого этим путем, на 20...30 дБ меньше уровня, воспринимаемого ухом. Если при невысоких уровнях передача за счет костной проводимости мала, то при высоких уровнях она значительно возрастает и усугубляет вредное действие на человека [40, 5].

При импульсных и нерегулярных шумах степень воздействия шума повышается. Особенность его воздействия существенно зависит от превышения уровня импульса над уровнем, определяющим шумовой фон на рабочем месте (нормативные значения шумового фона на рабочих местах и их превышение регламентируются санитарными нормами [41-45]).

Патологические изменения, возникшие под влиянием шума, рассматривают как «шумовую болезнь». В настоящее время «шумовая болезнь» характеризуется медицинской наукой комплексом симптомов, к которым можно отнести снижение слуховой чувствительности, изменение функций пищеварения, выражающееся в понижении кислотности, сердечно-сосудистую недостаточность, функциональное расстройство центральной нервной системы [9, 46-67]. Результаты негативного влияния шума в слышимом диапазоне представлены на рисунке 1.7.

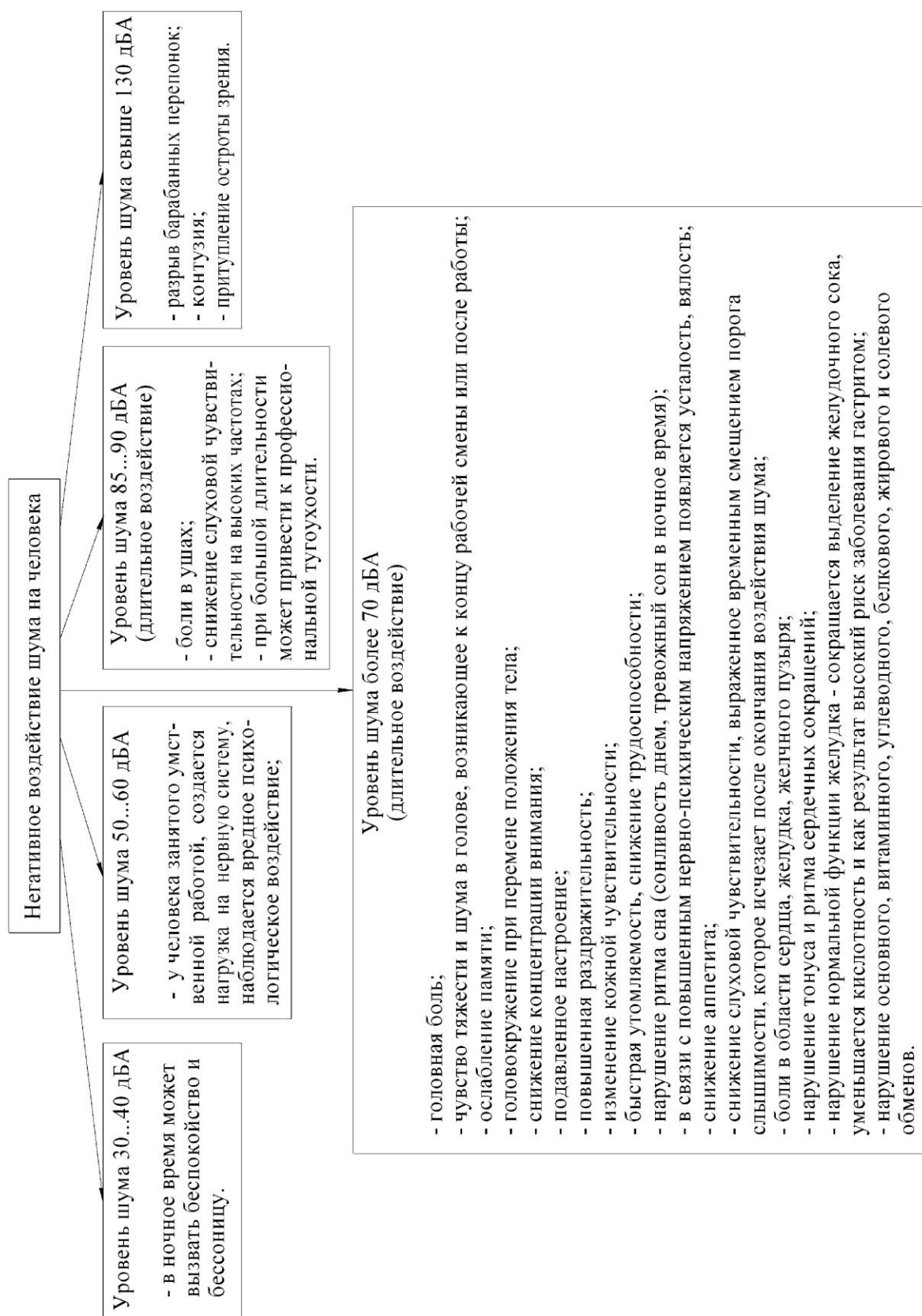


Рисунок 1.7 – Негативное воздействие шума на человека

Машины и механизмы, имеющие поверхности больших размеров, совершающие низкочастотные механические колебания, а также турбулентные потоки газов и жидкостей являются основными источниками инфразвука в промышленности [68-70]. Частоты инфразвука лежат ниже порога слышимости и поэтому не воспринимаются человеческим ухом, однако этот факт не исключает отрицательного воздействия инфразвука на организм человека [71]. По сравнению с шумом, воспринимаемым ухом, инфразвук обладает большей проникающей способностью [72-74], а наибольшую опасность представляет то, что частота инфразвука может совпасть с собственной частотой внутренних органов человека и вызвать нарушения в их работе [75]. Известно [73], что внутренние органы человека обладают собственными частотами (рисунок 1.8) [36,59].

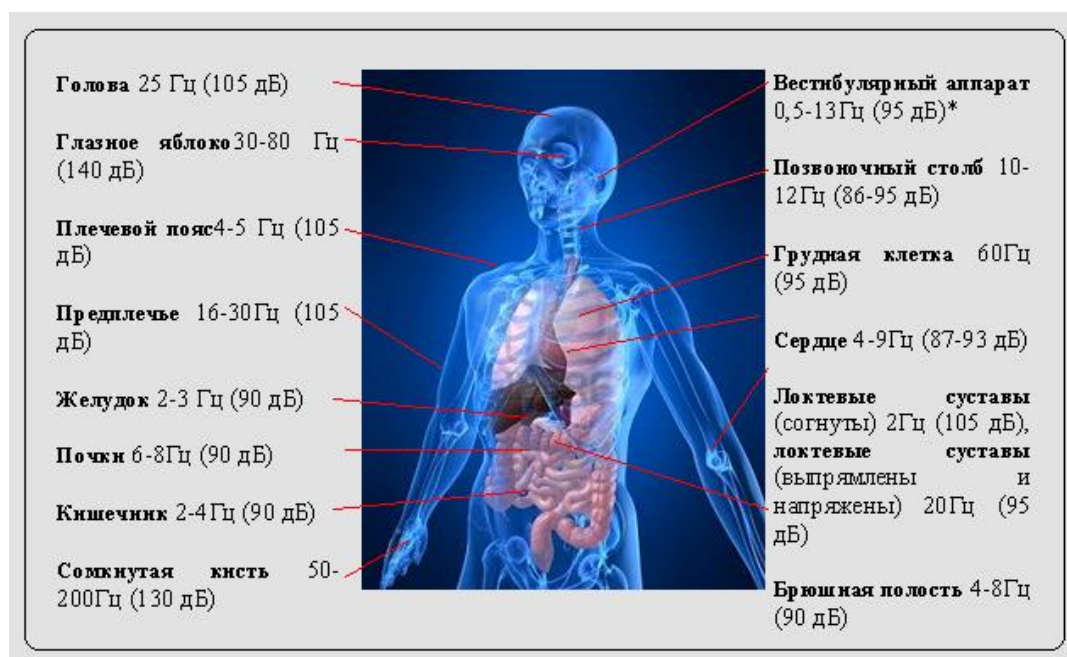


Рисунок 1.8 – Резонансные частоты акустических колебаний, вызывающие патологические изменения при длительном воздействии на различные органы тела (*в скобках указаны акустические колебания, дБ (для широкого спектра частот), при которых наблюдаются резонансные явления)

При совпадении частоты звука и частоты колебаний внутренних органов возникают резонансные явления, появляются болевые ощущения, а

при некоторых значениях частоты и повышенном значении мощности звука может наступить разрыв внутренних органов [55,60,62].

Так, воздействие резонансных частот даже при относительно небольших уровнях шума порядка 50-80 дБ уже может привести к вредным последствиям для здоровья, а при повреждении жизненно важных органов – и к летальному исходу. Результаты негативного влияния инфразвука на организм человека представлены на рисунке 1.9.

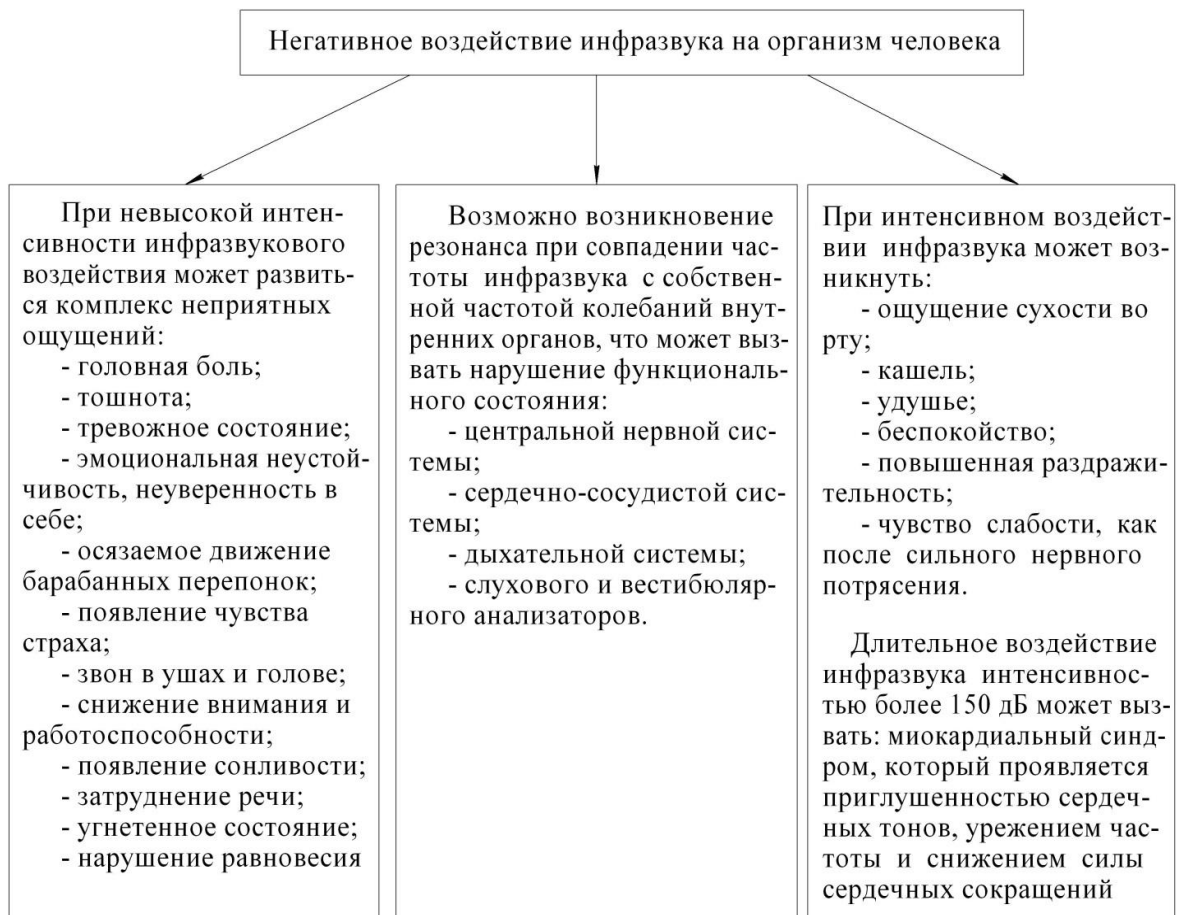


Рисунок 1.9 – Негативное воздействие инфразвука на организм человека

Ультразвуковые колебания могут воздействовать на человека, как через воздушную среду, так и контактно (на руки) – через жидкую и твердую среды [76]. Отрицательное влияние ультразвука на организм человека представлено на рисунке 1.10.

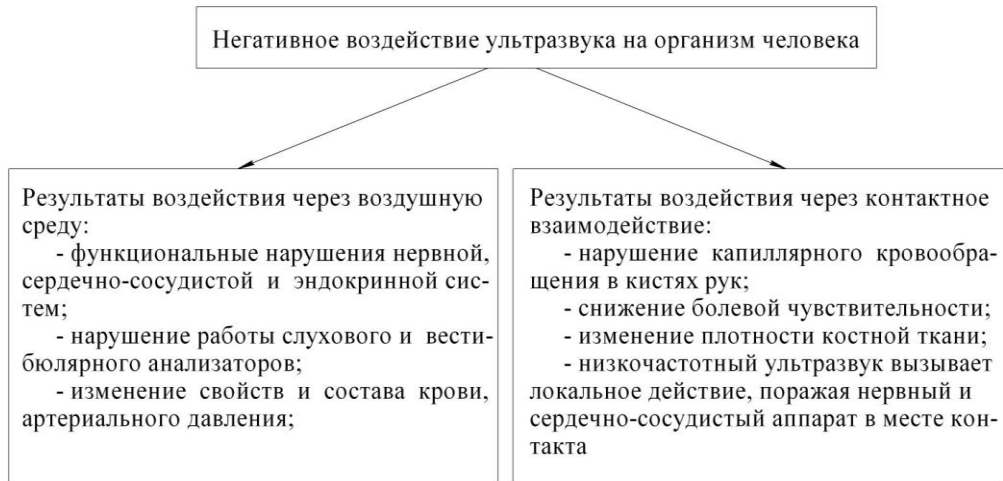


Рисунок 1.10 – Негативное воздействие ультразвука на человека

Известно, что воздействие шума на человека может быть специфическим и неспецифическим. Специфическое (кохлеарное) воздействие касается высоко- и среднечастотного диапазона шума, как правило, это воздействие на нервно-сенсорную систему, органы слуха. И неспецифическое (экстрокохлеарное) воздействие низкочастотного диапазона. То есть инфразвук воздействуя через механорецепторы, как правило, влияет на сердечно-сосудистую систему и внутренние органы тела человека [77-80]. Основные объективные и субъективные признаки воздействия шума по Куралесину на организм человека представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Признаки воздействия шума по Куралесину [80]

№ п/п	Градация воздействия шума на человека	Уровень шумового воздействия, Дб	Признаки воздействия шума на организм человека
1	2	3	4
1	Зона смертельных уровней	180-190 дБ	Действие смертельно - разрыв легочных альвеол
2	Зона экстремальных эффектов	0-20 Гц ,более 140-150 дБ 50-100 Гц свыше 154 дБ 2 мин	Ощущение давления в среднем ухе Головная боль, удушье, кашель, затуманенное зрение, усталость, ощущение сильного давления за грудиной, слюнотечение, боль при глотании. Симптомы предела переносимости

продолжение таблицы 1.2

1	2	3	4
		100 Гц дискретные частоты 153 дБ 2мин 60 Гц 157 дБ 2мин 73 Гц 150 дБ 2мин 0-150 Гц до 145 дБ 2 мин	Тошнота, головокружение, дискомфорт, покраснение кожных покровов. Кашель, очень сильное давление за грудиной Удушье, саливация, боль при глотании, головокружение Ощущение вибрации грудной клетки ,сухость в полости рта ,изменение ритма дыхания ,общая слабость; нереальные обманчивые ощущения. Ниже предела добровольной переносимости
3	Зона высокого риска здоровью даже при периодических воздействиях	1-20 Гц 140-145 дБ	При работе реактивных двигателей у персонала возникает сотрясение грудной клетки и брюшной полости, появляется состояние, напоминающее морскую болезнь, развиваются вестибулярные расстройства: статокINETические, сенсорные – головокружение, вегетативные-тошнота. При длительном воздействии развивается астения, общая слабость, снижается умственная работоспособность, появляется раздражительностью, нарушение сна, в некоторых случаях психические нарушения на почве беспокойства, тревоги.
4	Зона высокого риска здоровью при кратковременном воздействии	2,4,8,16 Гц 134,129,126,123 дБ-15 мин 10 Гц 135 дБ 15 мин	Субъективно сенсорно-соматовегетативный дискомфорт: тошнота, головокружение, давление и массаж барабанных перепонок, заложенность ушей, ознобоподобный тремор тела, «движение» в области кишечника и желудка; боли в области груди, висках, головные боли, чувство тяжести в затылке, боли в глазах. Чувство беспокойства, саливация жидкой слюной и др. Состояние резко выраженного инфразвукового сенсорно-соматовегетативного дискомфорта: головная боль, тяжесть в голове, головокружение, колебание и давления барабанной перепонки, ощущение колебания внутренних органов, сухость в полости рта, затруднение дыхания.
5	Зона выраженного прогрессирования риска здоровью	110-120 дБ 2,4,8,16 Гц, 115дБ 1-5 часов	Воздействие, длительность которых не превышает несколько минут, не вредны для здоровья. При более длительных воздействиях возможно формирование отдаленных эффектов со стороны вестибулярного и слухового анализаторов. Сонливость, головная боль, ощущение вибрации тела

продолжение таблицы 1.2

1	2	3	4
6	Зона умеренного риска	16Гц 105 дБ 1 час 8,16 Гц, 100дБ 1 час 90-100 дБ Менее 90 дБ	Головокружение, сонливость, раздражительность Жалобы на першение в горле, кашель, шум и боли в ушей, вялость, сонливость, рассеянность Кратковременные воздействия безвредны для здоровья, при круглосуточных воздействиях возможно появление жалоб, ощущение дискомфорта и др. значительное увеличение частоты самопроизвольных аборт (от 11-17 %) и осложнений беременности (8-22 %) Сочетанное воздействие с шумовибрационным факторами, а также нервно-эмоциональное напряжение может существенно усилить негативное действие (напряженность рабочего дня, степень тяжести работы)

Из таблицы видно, что воздействие шума крайне опасно, и наиболее часто встречаемые расстройства и нарушения связаны не только с воздействием на костную ткань, но и с воздействием на мягкие ткани тела человека, что приводит к изменению в печени, сосудистым расстройствам, увеличению лейкоцитов в крови, к венозному застою ацинарной ткани, изменению в легочной ткани, почках, миокарде.

На основании анализа воздействия неблагоприятного шума на организм человека выявлено, что необходимо осуществлять защиту человека не только в области головы (шлем, наушники, беруши), но и защиту внутренних органов тела человека. В условиях рассматриваемого вида производства, а также анализа воздействия шума на работников предприятия с медицинской точки зрения, интервал 90-140 дБ является опасным вредным производственным фактором [81-83]. Снижение воздействия такого уровня шума на человека по средствам индивидуальных средств защиты есть основная задача проектирования специального шумозащитного комплекта [84-85].

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».

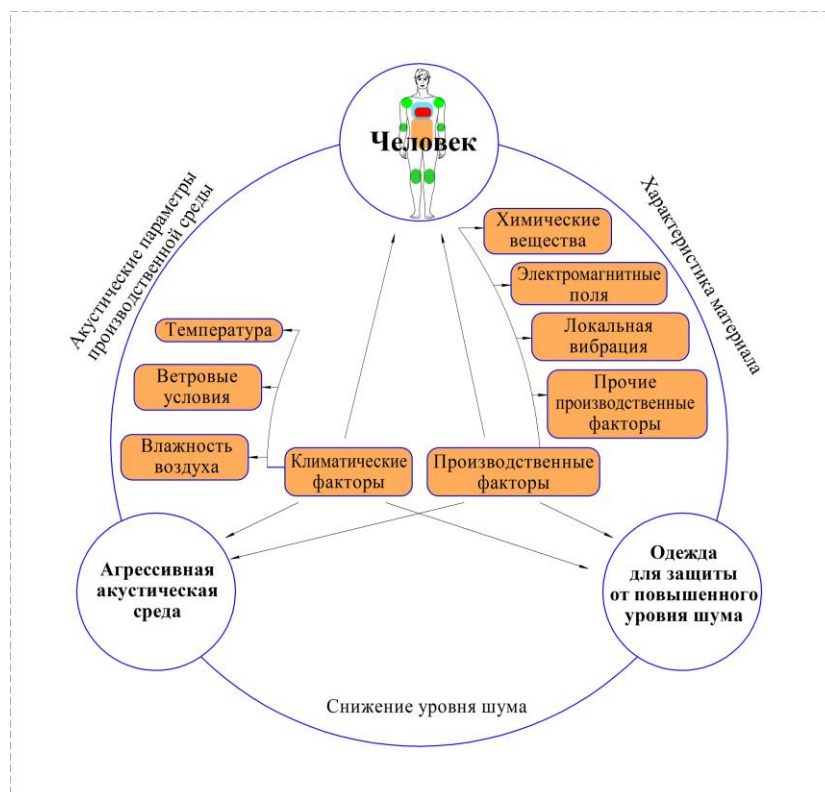


Рисунок 1.11 – Система «Человек – Одежда для защиты от повышенного уровня шума – Агрессивная акустическая среда».

1.3 Анализ требований, предъявляемых к проектированию специальной одежды для нефтегазовой промышленности

Технологический прогресс приводит к большей автоматизации производства, неизбежному повышению риска для персонала. Поэтому уровень защиты спецодежды должен развиваться в ногу с появлением новых технологий, новых профессий на рынке труда. Основное назначение специальной одежды - обеспечить надежную защиту тела человека от различных производственных факторов при сохранении нормального физиологического и психологического состояния человека [86, 87]. Обеспечение СИЗ работников нефтяной и газовой промышленности производится в соответствии с Типовыми отраслевыми нормами, которые

устанавливают государственные гарантии, обеспечивающие защиту работника от воздействия вредных и опасных производственных факторов. Согласно принятому Техническому регламенту Таможенного союза «О безопасности средств индивидуальной защиты» выдаваемые спецодежда и СИЗ должны отвечать требованиям российских стандартов и технических условий, приведенных в соответствие с международными стандартами; требования к спецодежде и СИЗ предъявляются в зависимости от видов воздействия опасных и вредных факторов [83, 88].

Наиболее значимыми требованиями к проектированию спецодежды многие исследователи считают защитные показатели, обеспечивающие прежде всего безопасность жизни, сохранение здоровья, а затем и работоспособности человека. Таким образом необходимо обеспечить комплексную защиту от воздействия вредных производственных факторов и, дополнительно, шума. Защитные свойства спецодежды обеспечиваются оптимальным выбором пакета применяемых материалов и рациональной конструкцией изделия. К спецодежде предъявляют весь комплекс требований показателей назначения и качества [89-91].

Эргономические показатели характеризуют степень приспособленности спецодежды к работающему и обеспечивают:

- гигиеническое соответствие (сохранение теплового баланса пододежного пространства);
- антропологическое соответствие (обеспечение соответствия конструкции изделия форме тела человека в статике и динамике);
- психофизическое соответствие (удобство пользования отдельными элементами изделия).

Следует отметить, что защите от шума при проектировании одежды специального назначения уделяется недостаточное внимание, что подтверждает актуальность исследований.

1.4 Ассортимент материалов для проектирования специальной одежды для нефтегазовой промышленности

Особое место в развитии промышленности занимают инновации, благодаря которым создаются современные ткани, материалы и покрытия с учетом особенностей каждой отрасли. Известно, что отсутствие универсальных материалов для проектирования специальной одежды влечет за собой появление задачи формирования рационального пакета материалов, где каждый из слоев материалов выполняет определенную функцию или некоторую совокупность функций, при этом то или иное свойство является для данного материала основным [92-94]. В приложении В представлен ассортимент материалов для проектирования специальной одежды.

В настоящее время совершенствуется и развивается ассортимент тканей со специальными различными защитными свойствами и пропитками, такие как ткани с мембранным покрытием, антистатические ткани, огнезащитные ткани, ткани с повышенными прочностными характеристиками, антибактериальные ткани, с противогнилостной отделкой, противомоскитные ткани, с грязеудаляющей отделкой, со свойством защиты от растворов кислот, ткани для защиты от воды, масел и нефтепродуктов и т.д. Так, ткани с мембранным покрытием (ламинирование ткани гидрофильной мембраной) рекомендованы для спецодежды работников, работа которых связана с многочасовым пребыванием под дождем, ветром и снегом. Для защиты от статического электричества производятся ткани со встроенными антиэлектростатическими нитями, образующими замкнутый контур, по которому возможно стекание заряда. В производстве нити основные волокна ткани смешиваются с проводящей электростатический заряд пряжей, получаемой из волокон нержавеющей стали (Бельгия, Векитex). Термоогнестойкие ткани из арамидных волокон "FlameFort" (на рынке силовых структур - «ТермоФорт») разработаны для пошива специальной одежды, защищающей от мелких брызг расплавленного металла,

металлической окалины, кратковременного контакта с пламенем. Свойства негорючести ткани обеспечиваются не пропиткой огнезащитным препаратом, а видом волокна - арамидным. Инновационные ткани соответствуют требованиям ГОСТ Р12.4.247-2008 «Одежда специальная для защиты от искр и брызг расплавленного металла» и всем современным потребительским и эксплуатационным критериям.

Для создания тканей, защищающих от попадания на кожу воды, масел и нефтепродуктов, применяют соответствующие отделки: ВО - водоотталкивающая, МВО - масलो водоотталкивающая, НМВО - нефтемасло водоотталкивающая отделка. Такие отделки создаются на водной основе и препятствуют взаимодействию ткани с другими химическими веществами за счет образования молекулярной защиты из фторуглеродных групп вокруг волокон ткани. За счет того, что размер молекулы пота меньше, чем размер молекул воды, масел и нефтепродуктов, пары пота свободно проходят наружу между фторуглеродными группами - ткань обладает хорошей паропроницаемостью и обеспечивает комфортную носку одежды. Сочетание высоких механических, термических характеристик, устойчивость к действию открытого огня, использование специальных волокон или покрытий делают ткань идеальным решением для изготовления специальной защитной одежды для различных сфер промышленности (металлургической, энергетической, нефтегазохимической), армии, служб безопасности, пожарных [96-98].

Таким образом, основные свойства, которыми должны обладать материалы и пропитки для проектирования специальной одежды для нефтегазовой промышленности это нефтемасло водоотталкивание, негорючесть, механическая стойкость, огнеупорность и шумозащита.

1.5 Анализ современных средств индивидуальной защиты человека от агрессивного воздействия шума

В результате анализа производственных шумов в различных отраслях промышленности и применяемых при этом средств индивидуальной защиты определили, что существует достаточно многочисленная группа промышленного оборудования, создающего шум, уровень которого требует использования средств индивидуальной защиты.

При уровне звука больше 85 дБ (А) следует применять средства индивидуальной защиты от шума, которые в настоящее время являются единственной мерой защиты на тех производствах или рабочих местах, где по каким-либо причинам невозможно добиться уменьшения уровня шума до значений, допустимых санитарными нормами [41, 82].

1.5.1 Анализ средств индивидуальной защиты органов слуха и головы

Основное назначение современных средств индивидуальной защиты – перекрыть наиболее чувствительный канал проникновения звука в организм – ухо человека [9]. Средства защиты органа слуха согласно ГОСТ 12.4.011 по назначению и конструктивному исполнению подразделяются на три типа [82, 100-104]:

- противошумные наушники, состоящие из двух изолированных корпусов, полностью закрывающие ушные раковины и соединенные между собой прижимным устройством;
- противошумные вкладыши однократного и многократного пользования, заполняющие наружный слуховой канал или ушную раковину;
- противошумные шлемы – средства защиты, в которых противошум с помощью спецустройств крепится как снаружи (каска), так и внутри (шлем).

Уровни шума при работе различных видов промышленного оборудования и применяемые при этом средства индивидуальной защиты от шума представлены на рисунке 1.11.

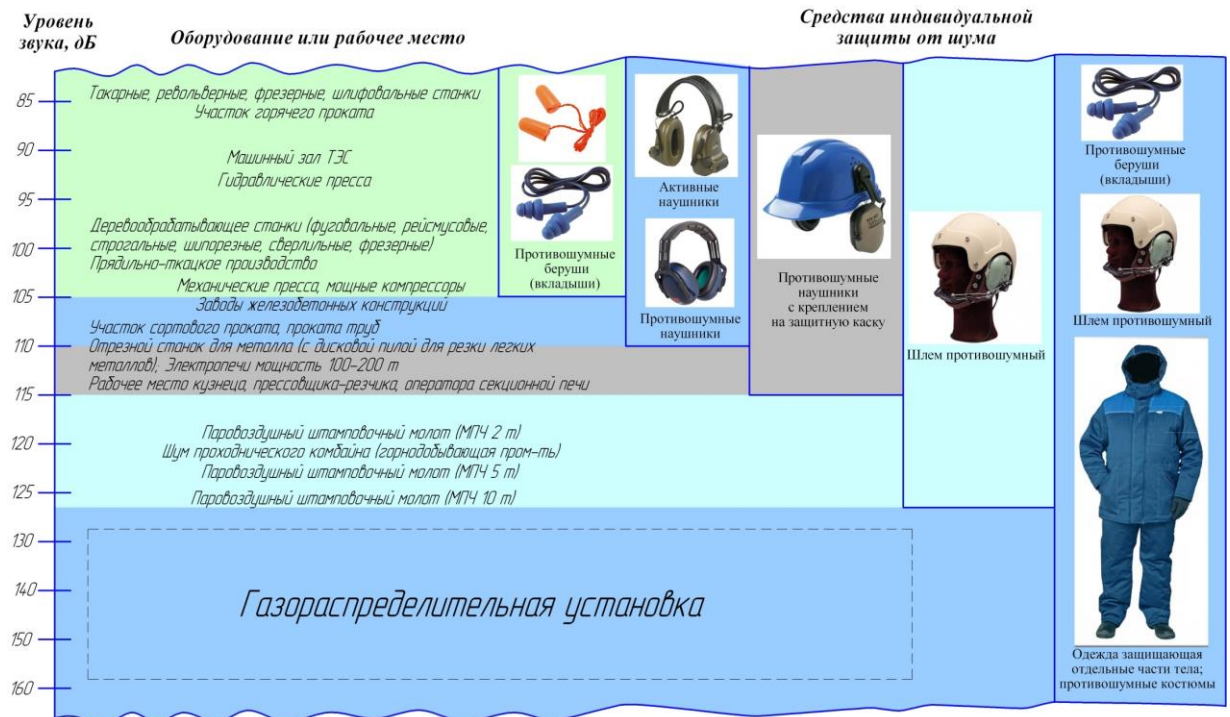


Рисунок 1.12 – Уровни шума на различных видах производства и применяемые при этом средства индивидуальной защиты от шума

Простейшим типом средств индивидуальной защиты являются вкладыши, изготавливаемые из мягких эластичных материалов (резины, различного волокна). Среди вкладышей наиболее распространены «Беруши», изготавливаемые из волокнистого материала.

Наушники изготавливают из пластмассы или металла, а внутри них для повышения эффективности помещают слой звукопоглощающего материала. Внутри корпуса наушников размещается звукопоглотитель – слой пенополиуретана толщиной 10 мм [9, 82, 99]. Существуют типы наушников, основанные на принципе активного гашения шума [101]. Применяются также «амплитудно-чувствительные» наушники и вкладыши – их эффективность возрастает с увеличением уровня шума. Они особенно эффективны при защите от импульсных шумов.

Установлено [5], что передача звука возможна не только воздушным путем, но и костным. Этот путь проведения называется костной проводимостью. Один и тот же по частоте и интенсивности звук, передаваемый через воздух и кость, оказывается во втором случае более громко слышимым. В этом случае для защиты головы от действия шума применяются шлемы. Шлем обладает высокой заглушающей способностью в области средних и высоких частот, но ухудшает слышимость речевых и звуковых сигналов и неудобен при выполнении производственных операций из-за громоздкости и затруднения подвижности головы [23]. Шлемы закрывают большую часть головы и, как правило, защищают ее не только от шума, но и от ушибов, холода и пр. Шлемы должны плотно облегать околоушную область и всю голову, поэтому их изготавливают различных размеров [82].

Акустические колебания при костной проводимости проходят в организм непосредственно через тело «вторичными путями», которыми при значительных уровнях звукового давления пренебрегать нельзя [78, 106, 107].

В результате анализа уровня производственных шумов в различных отраслях промышленности и применяемых при этом средств индивидуальной защиты видно, что существует достаточно многочисленная группа промышленного оборудования, создающего шум, уровень которого требует применения средств индивидуальной защиты.

Одним из наиболее перспективных направлений исследований в этой области является разработка противозумных костюмов, обеспечивающих защиту не только органов слуха и головы в целом, но и всего тела (и в частности внутренних органов) от особо интенсивных шумов широкого спектра, в частности инфразвука, имеющего более высокую проникающую способность (100-1000 Гц) [107,108]. Подобные костюмы рекомендуется использовать для защиты от шума с уровнем звукового давления 125...130

дБ и более [105]. Проанализировав медицинские показатели воздействия шума на организм человека и средства защиты, можно определить некоторые границы уровня шума при проектировании СИЗ (таблица 1.3).

Таблица 1.3 – Средства индивидуальной защиты человека

До 100 дБ	<100 дБ <120 дБ	Свыше 125 дБ
Наушники, беруши	Шлем	Костюм, комплект
Воздействие на орган слуха. Наиболее эффективные наушники от высоких и средних частот. Пропускают низкочастотный звук при повышении границы воздействия на 20 единиц. Соответственно необходимо наушники комбинировать с берушами (снижение воздействие шума еще на 5 дБа). Повышение уровня шума ведет к необходимости применения шлема. Шлем косвенно закрывает уши.	При воздействии в данных параметрах необходимо защищать голову. Необходимо снизить вибрацию и прямое проникновение акустических колебаний в череп.	Воздействие на брюшную полость. Была предпринята попытка по созданию противошумного костюма, в результате был предложен костюм со вставками на участках, наиболее подверженных воздействию шума (органы тела человека).

Представляет интерес разработка нового шумозащитного комплекта, снижающего негативное влияние не только звука слышимого диапазона, но и звука низких частот (инфразвук).

1.5.2 Анализ средств защиты тела и внутренних органов человека от шума

В настоящее время, в отличие от традиционных СИЗ от шума (для защиты органов слуха и головы), проектированию шумозащитных средств внутренних органов и суставов уделяется недостаточно внимания [109].

Исследования в данном направлении ведутся преимущественно в рамках авиационной промышленности, в частности, осуществляется проектирование шумозащитной одежды для защиты летного персонала и технического состава от опасных уровней шума. Известны образцы вибро- и

шумозащитных поясов (рисунок 1.12), применяемые для защиты летчиков внутри кабины самолета [78].

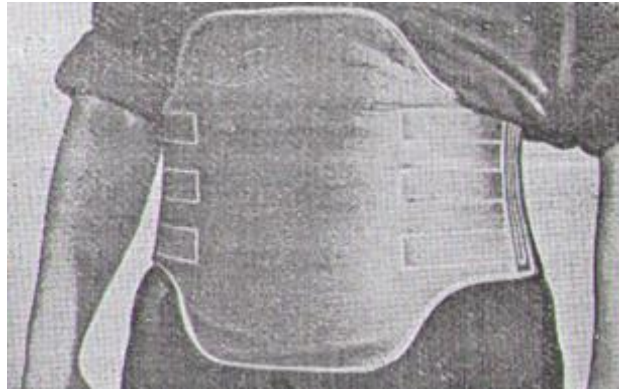


Рисунок 1.13 – Виброзащитный пояс для брюшной области

Для защиты от авиационного шума в ЦНИИ МО РФ проведены исследования по разработке виброжилета, позволяющего снизить негативное акустическое и вибрационное воздействие на организм человека [107]. Разработаны 4 опытных образца шумозащитного жилета, сравнительные исследования которых проводятся в настоящее время. Также известен образец шумозащитного костюма [110] (патент SU №1821233 А1 «Шумозащитный костюм»), состоящий из шлема и жилета (рисунок 1.13).

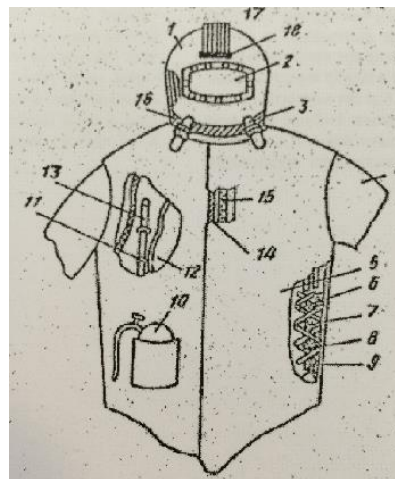


Рисунок 1.14 – Общий вид шумозащитного комплекта (патент SU №1821233): 1-шлем, 2- смотровая часть, 3- воздуховод соединительной трубки, 4-жилет, 5- наружный слой, 6-чехол надувного отсека, 7- надувной отсек, 8- тесемки для подтяжки подкладочного слоя, 9-подкладка, 10-насос, 11-крепеж воздуховодной трубки, 12-одежда, 13-воздуховод, 14- текстильная застежка, 15- застежка-молния, 16-эластичная пелерина, 17-трубки глушителя шума, 18-клапан и коллектор

Снижение уровня шума происходит за счет глушителя шума, представляющего собой необходимое количество эластичных трубок из поливинилхлорида, покрытых внутри тонким слоем пористого материала. Снижение шума, проникающего извне, осуществляется за счет кривизны трубок и коллектора, который предназначен для выхода избыточного воздуха.

Шумозащитный жилет изготовлен из наружной шумозащитной и внутренней шумопоглощающей части, наружная часть выполнена из вакуумной резины, внутренняя часть имеет многослойную конструкцию и представляет собой стеганный жилет (внутри базальтовое волокно), на который тесемками крепится система вентиляции поджилетного пространства и подкладочный жилет, обеспечивающий потягивание брюшной полости для предотвращения вибрации внутренних органов при высоких уровнях шума. (Рисунок 1.14).

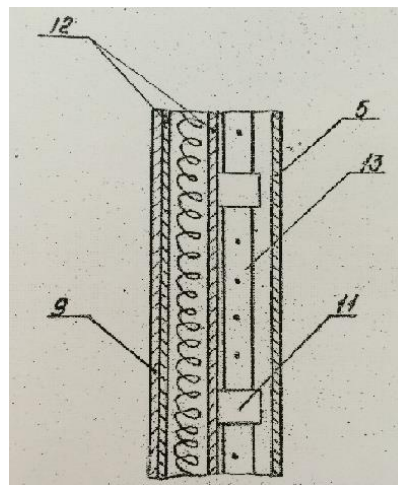


Рисунок 1.15 – Сечение пакета шумозащитного жилета (патент SU №1821233): 5-наружный слой из вакуумизированной резины, 9-подкладка, 11-крепёж воздуховодной трубки, 12-одежда, 13-воздуховод

Несмотря на очевидную шумозащитную функцию костюм имеет недостатки, такие как большая масса, низкие показатели комфортного пододежного пространства, громоздкую конструкцию, сложность в эксплуатации (включение-выключение системы вентиляции и т.д.). Данный

шумозащитный костюм относится к средствам индивидуальной защиты и предназначен для защиты авиамехаников, обслуживающих авиационную технику. Известны зарубежные аналоги костюмов шумозащитной одежды (патент № 4842913 «Sound protection suit» «Костюм для защиты от звуковых волн») [111], защитный эффект которых заключается в использовании дополнительно к основному материалу не менее двух гибких слоев звукоизоляции, именуемых дополнительным и прокладочным слоями (рисунок 1.15). Основной слой – кожа или плотная ткань. Дополнительный слой состоит из отдельных элементов-пластин, выполненных из фольги. Поролон предложен в качестве прокладочного слоя.

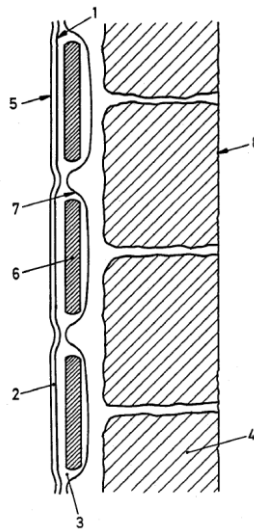


Рисунок 1.16 – Пакет костюма для защиты от звуковых волн: 1 – внутренняя сторона основного слоя; 2 – основной слой; 3 – дополнительный слой; 4 – прокладочный слой; 5 – лицевая сторона основного слоя; 6 – элементы из упругого синтетического материала либо фольги; 7 – сетка; 8 – подкладочный материал

Наиболее близким современным отечественным аналогом разрабатываемого шумозащитного комплекта является комплект для защиты от агрессивной акустической среды (патент RU 62776 U1.A41D 13/00. Комплект защитной одежды) [112, 113] (Рисунок 1.16).

Комплект состоит из утепленной куртки, жилета и полукombineзона. Защита тела от негативных последствий воздействия шума обеспечена применением дополнительных накладок на участках, наиболее

подверженных шумовым воздействиям (брюшная область, грудная клетка, плечевой пояс и позвоночный столб). Для шумозащиты локтевого и коленного суставов используются дополнительные накладки рукавов куртки и полукombineзона, которые несут и функциональную нагрузку, усиливая участки костюма, подверженные наибольшему износу и истиранию.

*а**б*

Рисунок 1.17 – Образцы комплекта защитной одежды: *а* – комплект защитной одежды; *б* – шумозащитный жилет

Анализ рассмотренных аналогов показал, что основным направлением проектирования шумозащитной одежды является добавление дополнительных слоев материалов, обладающих необходимыми акустическими свойствами. Рассмотренные образцы обладают высокими шумозащитными свойствами в конкретных промышленных условиях, для которых они разрабатывались. Однако в рассматриваемых условиях нефтегазовой промышленности (характеризующейся низкой температурой окружающего воздуха, высокими физиолого-гигиеническими и эргономическими требованиями к одежде, необходимостью изменения теплозащитных свойств одежды в зависимости от климатических условий при сохранении акустической эффективности) описанные образцы

недостаточно эффективны, что подтверждает актуальность планируемых исследований, направленных на проектирование одежды, сочетающей в себе преимущества известных образцов и соответствующей комплексу необходимых требований. Таким образом разработана схема, представляющая собой компиляцию необходимых требований к проектируемому комплекту при выделении основной функции шумозащиты, которая представлена на рисунке 1.17.



Рисунок 1.18 – Требования, предъявляемые к комплекту специальной одежды с основной функцией шумозащиты

1.6 Анализ современных материалов и покрытий с повышенными шумозащитными свойствами

Шумозащитные материалы могут классифицироваться по принципу функционального назначения этих материалов. По этому принципу материалы подразделяются на [114-116]:

-звукопоглощающие, предназначенные для применения в конструкциях звукопоглощающих облицовок внутренних помещений и для отдельных звукопоглотителей для снижения звукового давления в помещениях производственных и общественных зданий;

-звукоизолирующие, применяются в качестве прокладок (прослоек) в многослойных ограждающих конструкциях для улучшения изоляции ограждений от ударного и воздушного звуков;

-вибропоглощающие, предназначенные для ослабления изгибных колебаний, распространяющихся по жестким конструкциям (преимущественно тонким) для снижения излучаемого ими звука.

Две первых группы материалов по своей структуре и технологии изготовления характеризуются и наличием теплоизоляционных свойств. Это обстоятельство явилось основанием для проектирования изделия с вибропоглощающими, звукопоглощающими и звукоизоляционными свойствами.

1.6.1 Звукопоглощающие и звукоизоляционные материалы

Все известные звукопоглощающие материалы делятся по структурным признакам на 4 типа: с волокнистой структурой, с зернистой структурой, со смешанной структурой, с ячеистой структурой [114].

Звукопоглощение зависит от частоты звука, толщины слоя материала в конструкции, структурных особенностей этого материала, параметров защитных покрытий, если таковые имеются, а также угла падения плоской

звуковой волны на защитную поверхность. Физико-технические параметры звукопоглощающих материалов являются звеном, связывающим акустические свойства среды с ее макроструктурой. Одним из основных параметров является пористость, плотность пористого поглотителя (для волокнистых материалов - плотность самого волокна), диаметр волокна, толщина слоя, то есть структура самого материала. На рисунке 1.18 представлены данные, полученные для одного из сортов войлока шерстяного и весьма пористого [114,116].

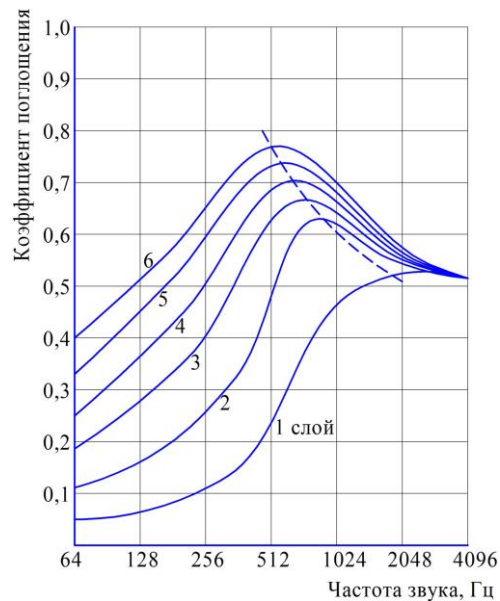


Рисунок 1.19 – Поглощающая способность одного войлока в слоях, толщина которых возрастает как кратное 1,1 см

На рисунке показаны значения коэффициентов поглощения для слоев войлока разной толщины. Следует отметить на графике сдвиг максимального коэффициента поглощения в сторону более низких частот с увеличением толщины слоя [117].

Звукоизолирующие материалы - это материалы, основное свойство которых задерживать часть энергии падающих звуковых волн на плоскость материала за счет высокого коэффициента отражения. Известно, что по структурным признакам звукоизолирующие материалы могут быть как пористо-губчатые, так и пористо-волокнистые. Иногда применяются

прошивные волокнистые материалы и материалы, наклеенные на ткань или на бумагу. Классификация таких материалов приведена в ГОСТ 23499-79. Необходимо отметить наиболее распространенные поливинилхлоридные звукоизолирующие материалы, применяемые в строительстве: это различные виды линолеума, предназначенные для устройств полов в помещениях жилых и общественных зданий [118]. Для одежды такого рода аналогов материалов нет, что говорит о необходимости проектирования такого пакета материалов с звукоизолирующими свойствами.

1.6.2 Вибропоглощающие (вибродемпфирующие) материалы

Вибропоглощение заключается в преобразовании колебательной энергии в тепловую и происходит за счет потерь колебательной энергии, имеющих место как в обычных конструктивных материалах, так и обычных вибропоглощающих материалах и конструкциях. Вибропоглощающие материалы представляют собой сложные полимерные структуры, при создании которых широко используются природные или синтезированные материалы с большими внутренними потерями. Для таких вибропоглощающих покрытий существует множество классификаций. Так покрытия могут быть жесткими, армированными и мягкими [114]. Так как шумозащитный комплект одежды не может содержать жесткой либо армированной конструкции (гигиенические требования, ограничение движения), соответственно, целесообразно использовать мягкий вид вибродемпфирующей прослойки. Мягкие вибропоглощающие покрытия - это достаточно толстый вязкоупругий материал (например, резина, силикон, пластмасса), их следует применять для вибропоглощения в частотном диапазоне свыше 1000Гц. Недостатком мягких вибропоглощающих покрытий является малая их эффективность в области более низких частот. Так как зачастую вибропоглощение применяется совместно с виброзвукоизоляцией, звукопоглощением и другими средствами

шумопоглощения, то представляет интерес использование мягких вибропоглотителей для проектирования шумозащитного комплекта (жилета). Представляет интерес исследование многослойных шумозащитных конструкций подобно тому, как проектируются многослойные акустические экраны или системы [119].

Соответственно, имеет место проектирование и исследование шумозащитных конструкций, состоящих из различных по своим свойствам материалов, набранных в пакет по типу «сэндвича»: это материалы, которые имеют в большей степени определенные свойства: звукопоглощение, вибропоглощение, звукоизоляцию. Наименование и свойства звукопоглощающих, вибропоглощающих, звукоизоляционных материалов, используемых в промышленности, представлены в приложении В. Известно [120-122], что для защиты от повышенного уровня шума часто применяются конструкции, состоящие из двух и более слоев (пластин), разделенных воздушными промежутками, которые могут заполняться газами или пористым звукопоглощающим материалом.

Следует отметить, что материалы сертифицированы, соответствуют гигиеническим требованиям, но некоторые из них не могут использоваться для проектирования шумозащитного жилета (жесткая конструкция, большой вес, большая толщина материала и т.д.). Шумозащитные материалы с большей эффективностью – это материалы типа войлоков, пенополиуретановая группа, а также резины и силиконы. Так как в производстве специальной одежды необходимо учитывать экологическую и гигиеническую составляющую при проектировании, то необходимо отметить, что использование нетрадиционных материалов обосновано требованием повышенной шумозащиты. На рисунке 1.18 представлен рулонный материал на основе вспененного несшитого полиэтилена с закрытой пористой структурой - петрофом.



Рисунок 1.20 – Шумозащитный материал-петрофом

Данный материал обладает отличными тепло- и шумоизоляционными свойствами, ударозвуковой изоляцией, почти нулевым водопоглощением, химической стойкостью; он легкий, эластичный, упругий; стойкий к гниению, долговечный, экологичный и гигиенически безопасный (гигиенический сертификат №77.01.16.570.П.037716.05.07 от 24.05.2007г.) Петрофом производится в соответствии с ТУ 2244-022-53254732-2007, сертификат соответствия стандартам РФ №РОСС RU.АЯ46.Н47612 с 30.07.2007г. Петрофом применяется в строительстве, в машино-, автомобиле- и судостроении, в кожгалантерейной промышленности, в обувной и ортопедической промышленности, используется в защитных и спасательных средствах.

Также имеет место анализ шумозащитных свойств такого материала, как силикон и его производных. Силикон-материал, получаемый на базе высокомолекулярных кремнийорганических соединений, и по внешнему виду напоминающий синтетическую или обычную натуральную резину. Однако вследствие своей особой химической структуры они отличаются целым рядом свойств, которые позволяют им занять особое место среди резиновых эластичных материалов.

Основные свойства силиконовых пластин: не токсичны; устойчивы к воздействию спиртов, фенолов, минеральных масел, растворам кислот и щелочей, перекиси водорода, озона; способны работать в условиях вакуума, радиации, электрических полей, электрической короны и дуги; эксплуатационные свойства силикона не меняются под воздействием света и воздуха; изготавливаются из сырья различной твердости (от 20 до 80 ед.

ШорА); термостойкость силиконовых пластин от $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+280\text{ }^{\circ}\text{C}$ (кратковременно до $+300\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Изделия из силиконовой резины, по сравнению с изделиями из других эластомеров, обладают превосходной атмосферостойкостью. Также силиконовая резина проявляет антиадгезионную способность по отношению к целому ряду материалов. При высокой температуре силиконовая резина не прилипает к другим материалам и не оставляет следов. Еще один вид продукта из силикона – это силиконовый шнур. Шнуры силиконовые изготавливаются по ТУ 38.105 1816-87, ТУ 2500-281-00152106-99, ТУ 38 1051959-90, ТУ 2534-022-00152106-00. Рабочий диапазон температур: от $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+280\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Рассмотренные материалы и их свойства могут быть использованы при проектировании специальной шумозащитной одежды или элементов такой одежды. Поэтому важными задачами в данном исследовании является анализ целесообразности применения конкретных образцов материалов в пакете («сэндвиче»), изучение свойств таких материалов, поведение их при различных производственных условиях и воздействиях внешних факторов окружающей среды.

1.7 Перспективные направления исследований шумозащитных материалов с учетом воздействия внешних факторов окружающей среды

Акустический эффект снижения шума в реальных условиях производства зависит от многих факторов, главными из которых являются акустические параметры материалов, входящих в пакет специальной шумозащитной одежды, и факторы окружающей среды, которые могут повлиять на физические, эксплуатационные и, в конечном счете, на шумозащитные свойства материалов (дождь, ветер, температура). В условиях реальных производств эффективность шумозащитных свойств материалов в комплекте специальной одежды зависит и от ряда некоторых, на первый взгляд второстепенных, факторов, одним из которых является степень

запыленности воздуха. Так, например, в зависимости от вида и фракционного состава пылевые покрытия приводят к снижению коэффициента звукопоглощения акустической конструкции в диапазоне средних и низких частот, и при необходимости возможно приближенно оценить изменение коэффициента звукопоглощения материалов [114]. Экспериментальное исследование влияния степени запыленности на изменение показателей звукопоглощающих свойств конструкции затруднено, так как специальная одежда предусматривает стирку и чистку, следовательно влиянием запыленности материалов на шумозащитные свойства одежды можно пренебречь. Тогда как исследование воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды на шумозащитные свойства материалов представляет определенный интерес.

Дальность слышимости источников звука меняется в зависимости от состояния атмосферы. При распространении звуковых волн в атмосфере происходит их затухание вследствие поглощения звуковой энергии. Причинами затухания выступают вязкость, молекулярная диссипация и теплопроводность воздуха. Известно [82, 123], что снижение уровней звука в результате поглощения (диссипации) пропорционально пройденному звуком отрезку пути r :

$$DL_a = \alpha_a (r/1000), \quad (1.1)$$

где α_a – коэффициент поглощения звука в воздухе, дБ/км;

r – расстояние между акустическим центром источника шума и расчетной точкой, км.

Следует отметить, что при увеличении расстояния от источника шума звук затухает и на расстоянии 50 и более метров, как правило, не учитывается [82, 124, 125].

Одной из причин рассеяния и отражения звука, а, следовательно, и уменьшения расстояния слышимости, являются неоднородности в структуре воздуха, вызванные смещением слоев с разной температурой и разным содержанием влаги. Так как скорость звука пропорциональна корню

квадратному из абсолютной температуры среды, то распространение звука зависит от наличия в атмосфере слоев воздуха с различной температурой. В теплом воздухе звук распространяется быстрее, чем в холодном. Отсюда следует, что если температура понижается по мере удаления от поверхности земли, то скорость звука уменьшается, и получается преломление звуковых лучей, приводящее к отклонению их от земли (влияние температуры одинаково во всех направлениях и все лучи изгибаются вверх). Это соответствует нормальному градиенту температуры. В случае противоположном (при увеличении температуры с удалением от земли) скорость звука тем больше, чем выше идет луч, и все лучи преломятся вниз. В таблице 1.4 представлены графики поглощения звука в воздухе при различной температуре T , °С [82, 127]. Кроме рассмотренных неоднородностей, в атмосфере существуют неоднородности (порывы ветра), которые приводят к резким временным перепадам уровней шума до 20 дБ [127].

Таблица 1.4 – Коэффициенты поглощения звука в воздухе β , дБ/км, при нормальном атмосферном давлении

Температура, °С	Относительная влажность, %	Среднегеометрическая частота, Гц						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
30	20	0,6	1,8	3,7	6,4	14	44	154
	40	0,3	1,2	3,6	7,2	12	27	83
	60	0,2	0,9	3,0	7,5	14	25	64
	80	0,2	0,7	2,5	7,2	15	25	57
20	20	0,7	1,5	2,7	6,2	19	67	208
	40	0,4	1,3	2,8	4,9	11	34	120
	60	0,3	1,1	2,8	5,2	9,6	25	83
	80	0,2	0,9	2,7	5,5	9,7	21	66
10	20	0,6	1,1	2,9	9,4	32	90	170
	40	0,5	1,1	2,0	4,8	15	54	170
	60	0,4	1,0	2,0	3,9	10	35	125
	80	0,3	1,0	2,1	3,7	8,5	25	96
0	20	0,5	1,5	5,0	16	37	57	73
	40	0,4	0,9	2,3	7,7	26	74	141
	60	0,4	0,8	1,7	4,9	17	58	156
	80	0,4	0,8	1,5	3,8	12	41	41

Еще более существенной причиной разной слышимости является влияние изменения скорости ветра с высотой, что было выявлено Рейнольдсом [128]. Воздух близ земли задерживается в своем движении, так что скорость ветра всегда увеличивается по мере удаления от земли. Это изменение скорости ветра является фактором, влияющим на слышимость, а не скорость ветра сама по себе. Градиент ветра загибает пути звуковых лучей вверх, и плохая слышимость звука против ветра, объясняется тем, что звуковые лучи проходят над приемником. Звук, идущий по направлению ветра, сильнее звука на подветренной стороне, что объясняется тем, что на подветренной стороне звуковые волны идут близко к земле и сильно ослабляются от трения.

Существует теория [129], позволяющая рассчитать ослабление звукового поля в произвольном направлении по отношению к направлению скорости ветра, развитая для высокочастотного звука в работе ООО «ВНИИГАЗ» [130]. Так, влияние ветра на рассеивание звука в атмосфере для практических случаев расчета компрессорной станции следует учитывать поправками, представленными в таблице 1.5. Данные таблицы получены осреднением большого объема натуральных измерений [82].

Таблица 1.5 – Значение поправки на влияние ветра

Значение поправки	Октавные полосы частот, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
	2	3	3	3	4	4	5	5

Но недостатком теории является то, что здесь учитывается только влияние ветра без учета других факторов. То есть упрощенное представление о закономерностях распространения шума в открытом пространстве приводит к несоответствию ожидаемых расчетных уровней звукового давления с измеренными в натуральных условиях. Такое несоответствие обусловлено влиянием градиента плотностей слоев воздуха, влиянием ветра, турбулентности атмосферы, а также импеданса земной поверхности и других факторов

(лесополосы, застройки, здания, рельеф местности). В настоящее время не существует единого мнения об учете влияния погоды – необходимо ориентироваться в среднем или на наиболее неблагоприятный случай. Поэтому в акустических расчетах обычно не учитывают влияния градиентов скорости ветра и температуры по высоте. Но такие условия переменной климатической среды необходимо учитывать при исследовании шумозащитных свойств комплекта, ранее исследователи пренебрегали данными факторами, что приводило к изменению расчетного снижения шума шумозащитной одеждой.

Одновременное действие температуры и переменного по скорости и направлению на разных высотах ветра приводит к более сложному характеру распространения звуковых лучей, а непостоянство погоды – к резким изменениям условий и дальности слышимости. Следует также учитывать, что, чем выше расположен источник звука над поверхностью земли, тем дальше распространяется звук. Известно [124], что влияние дождя, тумана и снега на затухание незначительно. Но представляет интерес изучение влияния влажности на защитные свойства материалов в пакете шумозащитного комплекта.

Схема проведения исследований представлена на рисунке 1.

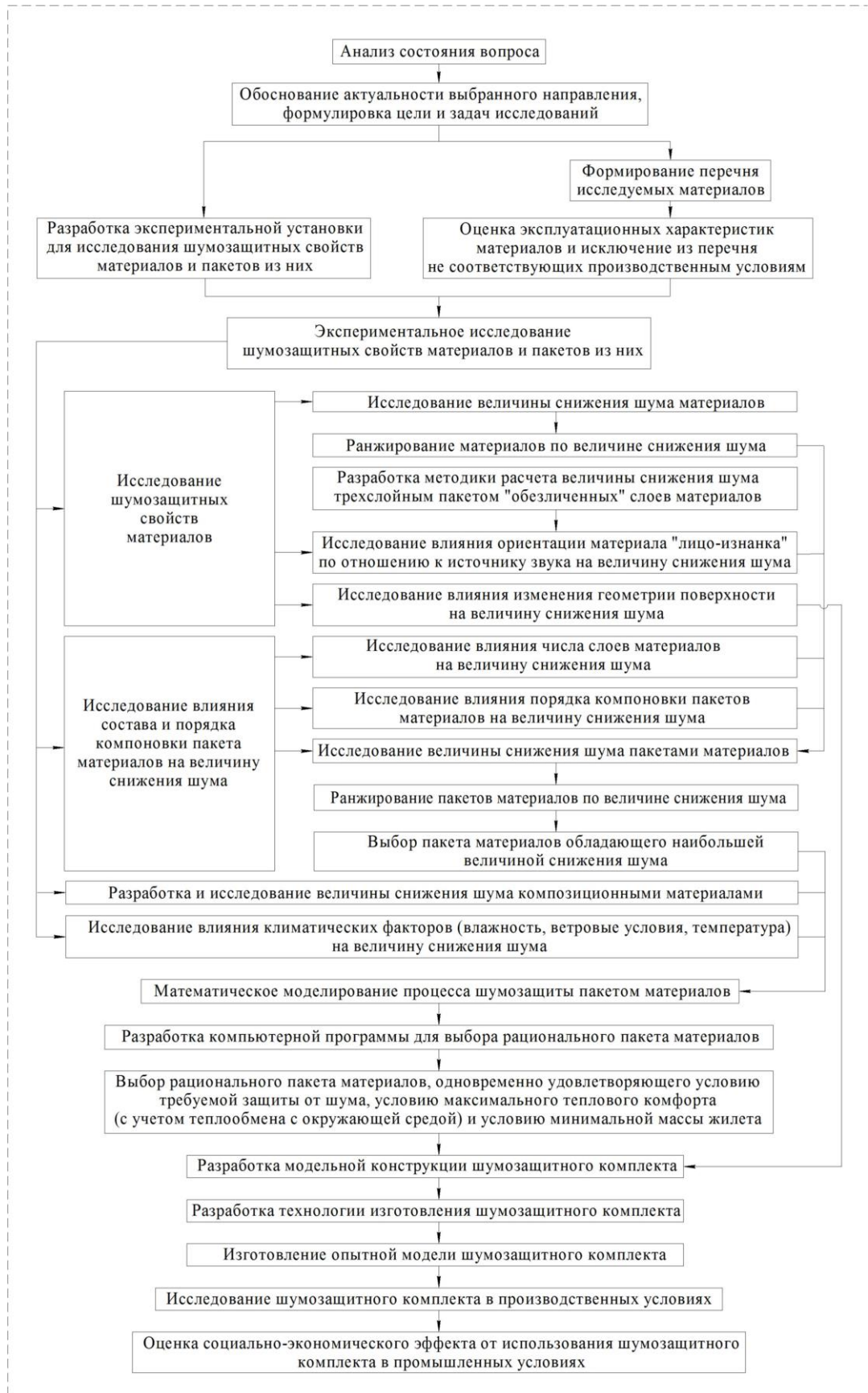


Рисунок 1.21 – Схема проведения исследований

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 1

1. Выполнен анализ источников производственного шума, который показал, что во многих отраслях промышленности уровень производственного шума превышает допустимые значения, предусмотренные санитарными нормами, а устранение шума в его источнике (наиболее эффективный способ борьбы с шумом) не всегда представляется возможным, что подчеркивает актуальность разработки прогрессивных средств индивидуальной защиты от шума.

2. Выявлено, что воздействие на организм человека производственного шума, уровень которого превышает допустимые значения, предусмотренные санитарными нормами, приводит к негативным последствиям для здоровья. При этом может нарушиться работа, как органов слуха, так и внутренних органов, и всех жизненно важных систем организма. Таким образом, перспективным направлением исследований в области создания шумозащитных средств индивидуальной защиты является разработка шумозащитных комплектов, обеспечивающих защиту всего тела человека от особо интенсивных шумов широкого спектра.

3. Разработана принципиальная схема требований к проектированию шумозащитного комплекта на основе анализа производственной ситуации.

4. Выполнен анализ современных средств индивидуальной защиты человека от агрессивного воздействия шума, который показал, что в настоящее время уделяется недостаточно внимания проектированию шумозащитной одежды для работников различных производств.

5. Выявлено, что представляет интерес проектирование и исследование шумозащитных конструкций, состоящих из различных по своим свойствам материалов, набранных в шумозащитный пакет и обладающих необходимыми звуко-, вибропоглощающими и звукоизолирующими свойствами.

6. Выполнен анализ влияния климатических факторов на распространение звуковых волн, что свидетельствует о необходимости учета данного аспекта при разработке шумозащитного комплекта.

ГЛАВА 2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ШУМОЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ И ПАКЕТОВ ИЗ НИХ

Для достижения поставленной в работе цели на первом этапе должны быть решены следующие исследовательские задачи:

- исследование влияния состава и порядка компоновки пакета материалов на его шумозащитные свойства;
- исследование влияния климатических факторов на шумозащитные свойства материалов;
- исследование шумозащитных свойств материалов, нетрадиционных для легкой промышленности.

Решение поставленных исследовательских задач требует наличия соответствующего технического оснащения [131-136]. С этой целью проведен патентный поиск устройства (экспериментальной установки), позволяющего осуществить необходимые исследования.

Известны технические средства для исследования акустических параметров текстильных материалов [137, 138], из которых, для решения поставленных исследовательских задач, оптимальным является «Устройство для измерения акустических параметров текстильных материалов» (патент на полезную модель № 62251) (Приложение М) [112]. Однако, анализ конструкции указанного устройства (принятого за прототип) показал, что при его использовании велика вероятность возникновения реверберации, то есть многократного отражения звука от стенок изолирующего металлического короба, что приводит к изменению звукового сигнала при переходе от динамика к микрофону шумомера и, как следствие, снижению точности измерения.

Для устранения выявленного недостатка прототипа была поставлена задача его усовершенствования путем исключения явления реверберации [139, 140].

Положительный эффект от решения задачи заключается в повышении точности измерения акустических параметров текстильных и других материалов за счет обеспечения устойчивой и более точной направленности звука, который не претерпевает изменений при переходе от динамика к микрофону шумомера.

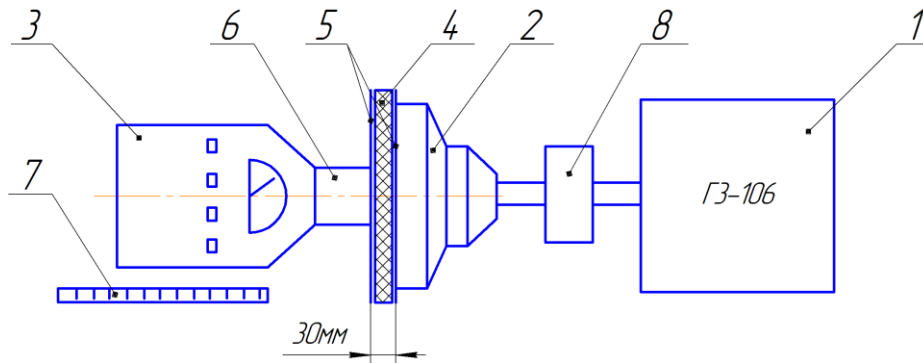
Для выполнения указанных выше исследовательских задач изготовлена экспериментальная установка, отличающаяся от аналога отсутствием явления реверберации, меньшими габаритными размерами, мобильностью и легкостью в транспортировке, что позволяет проводить исследования при различных условиях окружающей среды. На установку получен патент на полезную модель №132898 «Стенд для измерения акустических параметров материалов, используемых для изготовления защитной одежды» (приложение М).

2.1 Описание экспериментальной установки

Разработанный стенд для измерения акустических параметров материалов, используемых для изготовления шумозащитной одежды, содержит генератор сигналов низкой частоты, соединенный с динамиком, микрофон, звуконепропускаемую изолированную емкость и шумомер измерения уровня шума и вибрации. Данная экспериментальная установка отличается от аналогов тем, что звуконепропускаемая емкость представляет собой установленный на микрофоне шумомера направляющий изолирующий колпак в виде пустотелого цилиндра с внутренним каналом из шумопоглощающего материала для предотвращения попадания звука с боковых сторон. Образец помещается в держателе между двумя параллельными пластинами, закрепленными на стойке основания стенда.

Схема и фотография разработанной экспериментальной установки представлены на рисунке 2.1.

Основу прибора составляют генератор звуковых колебаний - 1, динамический громкоговоритель - 2, импульсный шумомер (RFT impuls-schall regelmesser 00 014) - 3. Генератор 1 воспроизводит звуковой сигнал, уровень громкости которого может находиться в диапазоне от 0 до 60 Дб, и частотой от 20 Гц до 20 кГц.



a



б

Рисунок 2.1– Экспериментальная установка: а – схема установки;
 б – фотография экспериментальной установки;
 1 – генератор звуковых колебаний; 2 – динамический громкоговоритель;
 3 – импульсный шумомер; 4 – исследуемый образец; 5 – пластины; 6 -
 изолирующий колпак; 7 – измерительная шкала; 8 – усилитель

Поскольку указанный диапазон не охватывает значения уровня громкости, характерные для рассматриваемых объектов нефтегазовой промышленности, то дополнительно к генератору звуковых колебаний использовался усилитель звука.

На стойку стенда прикреплен динамик, к которому от генератора (громкоговоритель – функциональный генератор типа ГЗ-106) поступает звуковой сигнал. На стенде по направлению звука на расстоянии 30 мм от плоскости динамика установлен шумомер 00 014. На микрофон шумомера устанавливается направляющий и изолирующий колпак 6 в виде пустотелого цилиндра. Внутреннее отверстие в колпаке представляет собой канал диаметром 10 мм для прохождения звука. Изолирующий вкладыш колпака выполнен из шумопоглощающего материала типа войлока для предотвращения попадания звука с боковых сторон. Изолирующий колпак по длине больше микрофона, что исключает непосредственный контакт с образцом и при этом соответствует правилам использования шумомера (непосредственный контакт микрофона с поверхностью, излучающей звук, приводит к существенному повышению погрешности измерений).

На стойке закреплены пластины – 5 на расстоянии 30 мм друг от друга, образующие зазор для исследуемых образцов. Ширина выбрана с учетом измерения не только единичных экземпляров материалов, но и пакетов, составленных из различных материалов. На стенде рядом с шумомером закреплена измерительная шкала 7, позволяющая оценивать удаленность поверхности колпака от плоскости динамика для контроля измерений пакетов материалов. Необходимые уровень громкости и частота звука задавались вручную на генераторе ГЗ-106.

Шумомером вначале измерялся уровень звука, излучаемого громкоговорителем без исследуемого образца. Затем, между динамиком громкоговорителя и шумомером помещался испытуемый образец или пакет материалов и при тех же условиях замерялся уровень звука, прошедшего через образец. Разность уровней шума (дБ), измеренных шумомером с образцом и без него, является основным акустическим критерием оценки шумозащитных свойств материала. Данный показатель предлагается в дальнейшем называть величиной снижения шума (ВСШ, дБ). Количество повторных измерений для одного образца не менее пяти с целью снижения

погрешности. Преимущество многократных измерений – в значительном снижении влияния случайных факторов на погрешность измерения [141].

2.2 Исследование шумозащитных свойств материалов

Для исследования шумозащитных свойств материалов были рассмотрены образцы материалов, в той или иной степени обладающие шумозащитными свойствами и отражающие современный ассортимент текстильных материалов, сертифицированных материалов легкой промышленности, а также материалов из смежных отраслей промышленности, отвечающих необходимым требованиям. В настоящей работе не рассматривались материалы, исследованные в предыдущих работах по схожей тематике и исключенные авторами из программ исследований по причинам несоответствия задачам исследования [82, 113].

Для материалов, не относящихся к легкой промышленности, основным критерием отбора являлось их соответствие эксплуатационным, функциональными и эргономическими требованиям, предъявляемым к материалам для верхней одежды. Исследуемые образцы материалов и присвоенные им номера представлены в приложении Г.

С целью выявления из представленного перечня материалов, максимально соответствующих задачам исследований, проведен анализ их эксплуатационных (гигиенических, физико-механических и т.д.) свойств. Ряд материалов, несмотря на их перспективность с точки зрения шумозащиты, был исключен из программы исследований по причине их неприменимости для условий нефтегазовой промышленности (легковоспламеняемость, нестойкость к агрессивным средам и т.д.), а также повышенной массы и толщины. Результаты данного анализа представлены в приложении Д.

2.2.1 Оценка величины снижения шума материалами

Для выявления шумозащитных свойств исследуемых образцов материалов (в один слой) проведен эксперимент, который заключался в определении величины снижения шума (ВСШ) при частоте звука 100 Гц (исходная громкость 95 дБ) и 1000 Гц (исходная громкость 120 дБ). Указанные уровни громкости и частоты выбраны в соответствии с их реальными значениями в акустически опасных зонах предприятий нефтегазовой промышленности. Следует отметить, что значения величины снижения шума получены при исследованиях различных материалов, имеющих неодинаковую толщину. Поэтому непосредственное сравнение их между собой даст, в некоторой степени, искаженный результат. Для объективности результатов сравнивались между собой материалы одного назначения. Результаты эксперимента для материалов верха, подкладки, прокладочного материала представлены на гистограммах (рисунки 2.2 - 2.4) (материалам присвоены номера в соответствии с приложением Г).

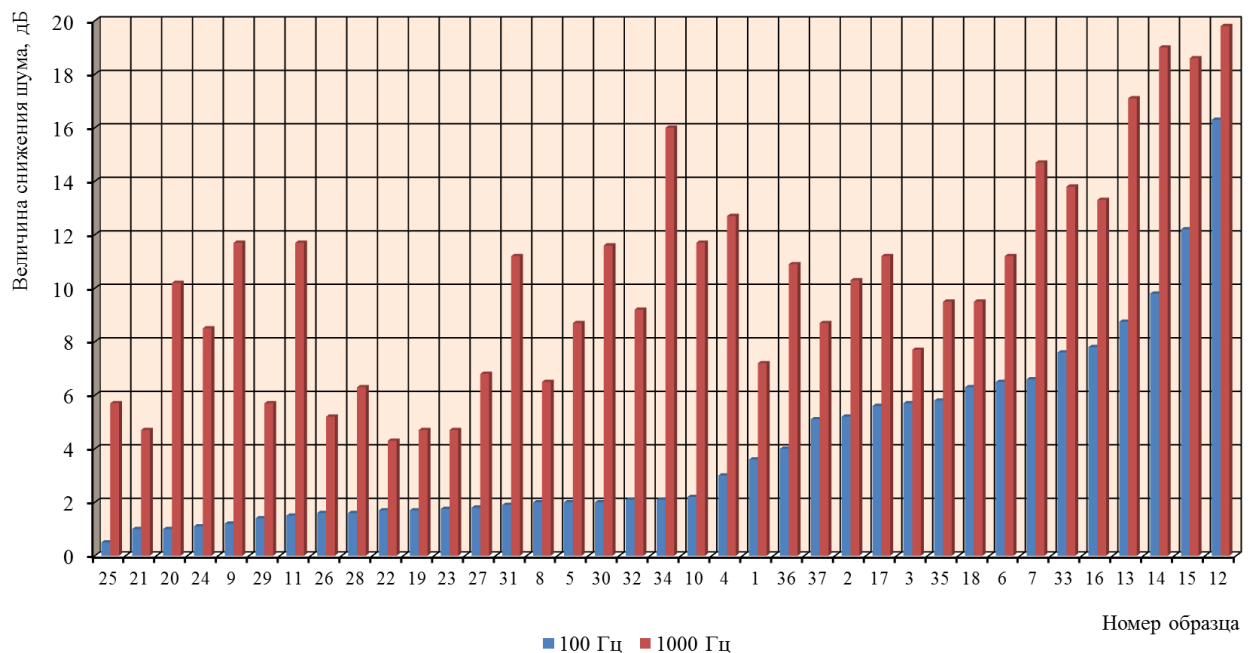


Рисунок 2.2— Гистограмма величины снижения шума образцами основного материала

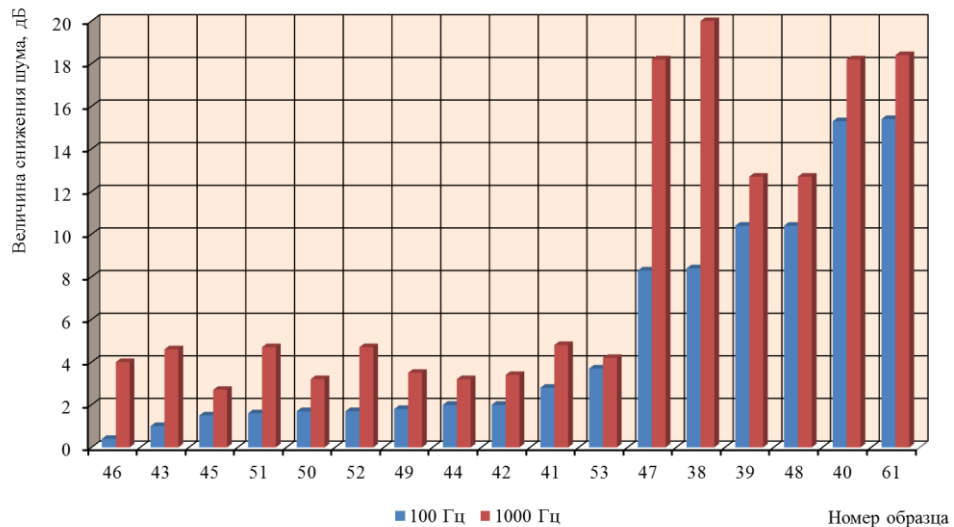


Рисунок 2.3– Гистограмма величины снижения шума образцами прокладочного материала

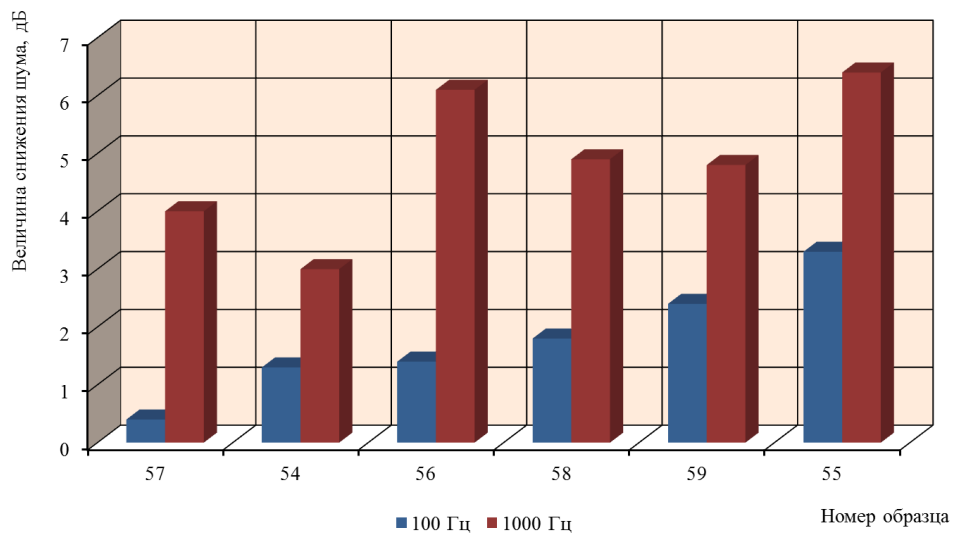


Рисунок 2.4– Гистограмма величины снижения шума образцами подкладочного материала

Анализ гистограмм, представленных на рисунках, показывает, что ВСШ для всех видов образцов при частоте звука 1000 Гц, выше, чем при частоте 100 Гц, что свидетельствует о большей проникающей способности звука на низких частотах (частотах, близких к инфразвуку). Для каждого вида материала образцы можно дифференцировать на различные группы в зависимости от ВСШ. В результате такого дифференцирования для каждого

графика можно выделить следующие характерные участки (для частоты 100 Гц):

а) для образцов основного материала:

- $0 \leq \text{ВСШ} \leq 4$ – материалы с низкой ВСШ, дБ;
- $4 < \text{ВСШ} \leq 8$ – материалы со средней ВСШ, дБ;
- $8 < \text{ВСШ}$ – материалы в высокой ВСШ, дБ.

б) для образцов прокладочного материала:

- $0 \leq \text{ВСШ} \leq 5$ – материалы с низкой ВСШ, дБ;
- $5 < \text{ВСШ}$ – материалы в высокой ВСШ, дБ;

в) для образцов подкладочного материала:

- $0 \leq \text{ВСШ} \leq 1,5$ – материалы с низкой ВСШ, дБ;
- $1,5 < \text{ВСШ}$ – материалы в высокой ВСШ, дБ.

Из анализа графиков видно, что к образцам основного материала с высокой ВСШ относят материалы со следующими номерами: 12, 13, 14, 15; со средней ВСШ: 2, 3, 4, 6, 7, 16, 17, 18, 33, 35, 36, 37; с низкой ВСШ: 1, 5, 8, 9, 10, 11, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34. К образцам прокладочного материала с высокой ВСШ относят материалы со следующими номерами: 38, 39, 40, 47, 48, 61; с низкой ВСШ: 41, 42, 43, 44, 45, 46, 49, 50, 51, 53. К образцам подкладочного материала с высокой ВСШ относят материалы со следующими номерами: 55, 58, 59; с низкой ВСШ: 54, 56, 57. Таким образом, определены материалы, перспективные для использования в шумозащитной одежде.

Важно проанализировать, какие свойства материалов оказывают влияние на ВСШ. Известно [114], что величина звукоизоляции обычно увеличивается с повышением поверхностной плотности материалов. График зависимости ВСШ от поверхностной плотности основных материалов представлен на рисунке 2.5.

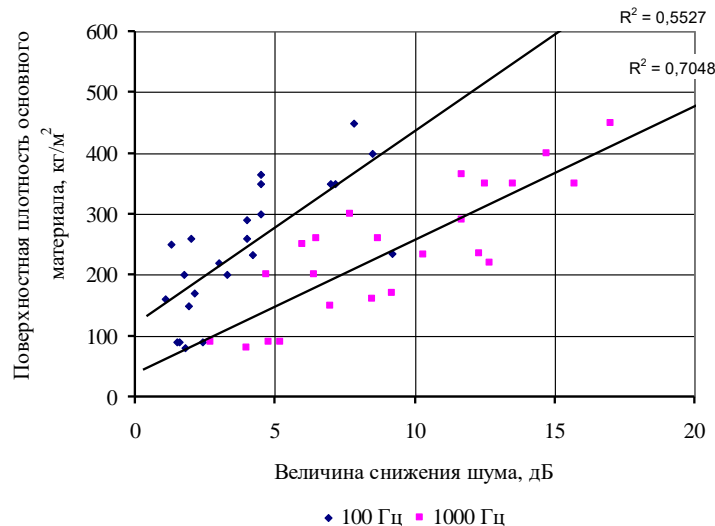


Рисунок 2.5– Зависимость ВСШ от поверхностной плотности основных материалов

Из графика видно, что, несмотря на разброс экспериментальных точек (величина достоверности аппроксимации приведена для каждой линии тренда), с помощью линии тренда можно выделить прямо пропорциональную зависимость ВСШ от поверхностной плотности основного материала, т.е. материалы, обладающие большей поверхностной плотностью, характеризуются большей акустической эффективностью.

Известно, что основной характеристикой материалов является поверхностная плотность (г/м^2), однако в большинстве случаев данный параметр характеризует свойства конкретной марки материала с конкретной толщиной и для различных материалов, может совпадать. Таким образом, для решения поставленных задач целесообразно использовать величину плотности материала не зависящую от его толщины. Очевидно, что таким показателем является удельная масса (объемная плотность), т.е. масса единицы объема материала. Поскольку на практике для текстильных материалов данная характеристика мало используется и в справочной литературе практически не приводится, то для определения объемной плотности материала ($\rho_{об}$) использовано уравнение

$$\rho_{об} = \frac{\rho_{нов}}{t}, \quad (2.1)$$

где $\rho_{нов}$ – поверхностная плотность материала, кг/м²;

t – толщина слоя материала, м.

Толщина исследуемых образцов определялась с помощью толщиномера МТ-026. По методике в соответствии с ГОСТ 12023-2003, ISO 5084. Результаты расчетов, выполненных по уравнению (2.1) в графическом виде представлены на рисунке 2.6.

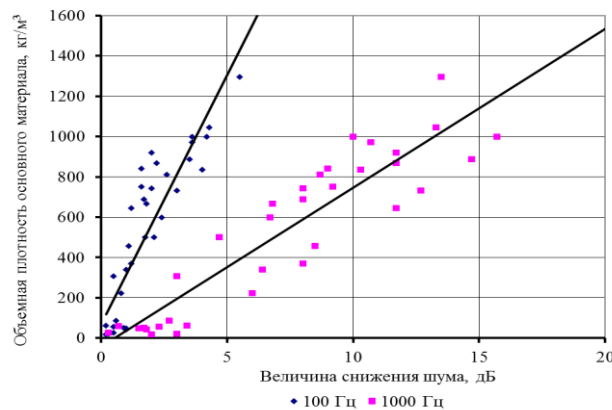


Рисунок 2.6– Зависимость ВСШ от объемной плотности основных материалов

Анализ полученного графика показывает, что, несмотря на достаточно большой разброс значений можно выявить прямо пропорциональную зависимость между величиной снижения шума и объемной плотностью материала. Можно предположить, что с увеличением плотности материала повышается в большей степени доля отраженного звука, нежели поглощенного материалом.

Очевидно, что шумозащитные свойства материалов зависят не только от его поверхностной плотности, но и от других параметров (рисунок 2.7):

- физических и химических свойств материалов, например, воздухопроницаемость, химический состав нитей, пропитки, покрытия и т.п.;
- различных эксплуатационных характеристик лицевой и изнаночной сторон (наличие пропиток и покрытий).

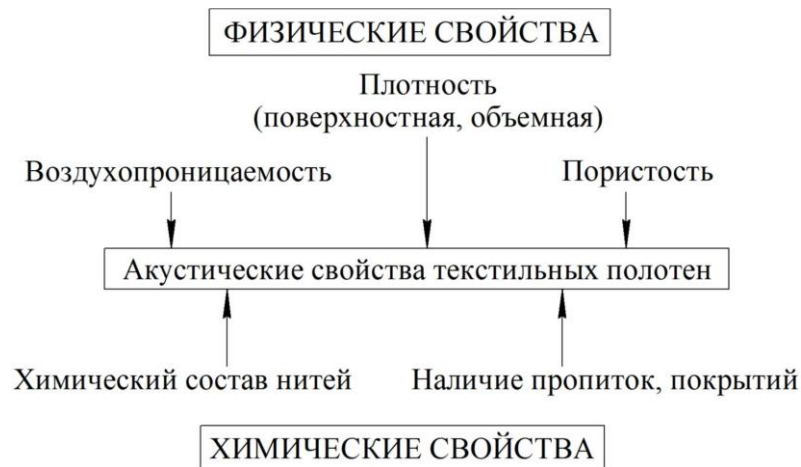


Рисунок 2.7– Влияние физических и химических свойств текстильных полотен на их акустические свойства

В результате анализа выявлено, что на шумозащитные свойства материалов оказывает влияние такое физическое свойство, как воздухопроницаемость, поскольку звуковые волны распространяются в воздухе. Однако, воздухопроницаемость также определяется плотностью ткани, что исключает необходимость отдельного исследования данного свойства.

В результате исследований из обозначенной группы материалов выявлены отдельные образцы основного (Кевлар (№35), Грета-М (№2), Балтекс 260 (№5), Джинс композит дублированный (№7)), подкладочного (Флис (№54), Фланель (№55)) и прокладочного материалов (Пенотерм (№38), Петрофом (№40), иглопробивной материал (№47), Замша натуральная (№14), холстопршивочный (№51)), обладающих наиболее высокой ВСШ и представляющих интерес для дальнейших исследований.

Таким образом, анализ рисунков 2.2 – 2.6 подтверждает, что у традиционных материалов для изготовления одежды с повышением объемной плотности материала повышаются шумозащитные свойства.

2.2.2 Исследование влияния ориентации материала по отношению к источнику звука

Многие материалы, в том числе широко используемые в легкой промышленности для изготовления индивидуальных защитных конструкций, характеризуются различными эксплуатационными и физическими свойствами лицевой и изнаночной сторон. Понятия «лицевая» и «изнаночная» стороны ткани в настоящее время не стандартизированы. Определение лицевой стороны ткани осуществлялось традиционными методами (по проколам у кромки ткани, по яркости рисунка, по поверхности, по ворсу и т.д.). Конкретные физические характеристики, отражающие геометрию микроструктуры поверхности лицевой и изнаночной сторон материала, не рассматривались, поскольку исследовались различные виды материалов, имеющие, соответственно, различные отличительные признаки лицевой и изнаночной сторон.

С целью исследования влияния на ВСШ материала его ориентации «лицо-изнанка» по отношению к источнику звука проведены исследования ряда образцов, характеризующихся ярко выраженными отличительными признаками лицевой и изнаночной сторон (пропитки, покрытия, ворс и т. д.). ВСШ материалов определялась на описанной выше экспериментальной установке. Результаты эксперимента представлены на рисунках 2.8-2.9. Материалы, выбранные для исследования ориентации «лицо-изнанка»: Оксфорд 600 (№1), Грета-Т (№2), 600D PU2000 кмф/ плащевая с пленочным покрытием (№3), Балтекс 215 (№4), Джинс хлопок (№6), Джинс композит дублированный (№7), Nomex Comfort-BV 190 (№8), Вельвет (№9), Вельвет крупный рубчик (№10), Вельвет искусственный (№11), Винилис кожа (№16), Плащевая (№21), 190Т PU1000 Плащевая (№26), 190Т серебрянка г/к, Таффета (№27), Плащевая х/б с водоотталкивающим покрытием (№29), Плащевая с прорезиненным покрытием (№30), Бархат 100% х/б (№32), Кожа

КРС (№34), Грета с антистатической нитью (№37), Поролон композит+ватин (№52), стеганная подкладка (ватин+атлас) (№56).

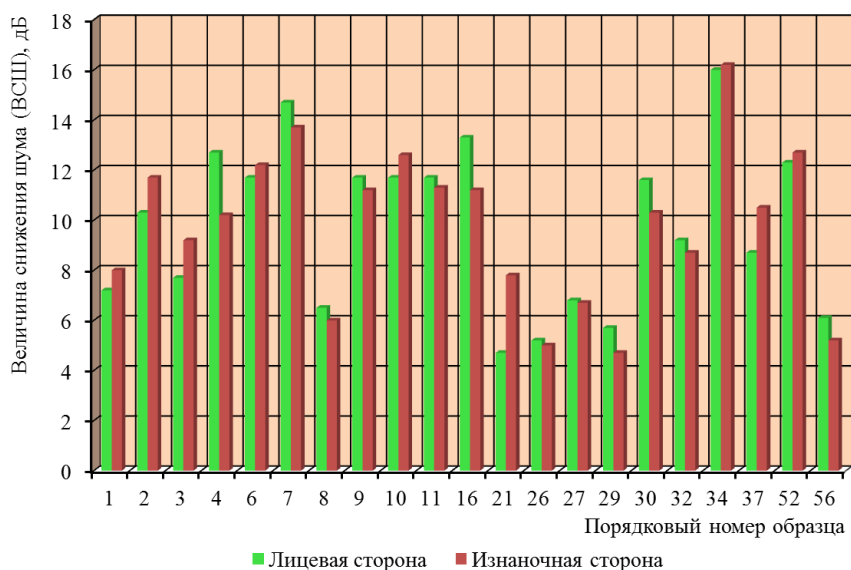


Рисунок 2.8– График зависимости ВСП от ориентации материала по отношению к источнику звука при частоте звука 1000 Гц и исходной громкости 117,2 дБ

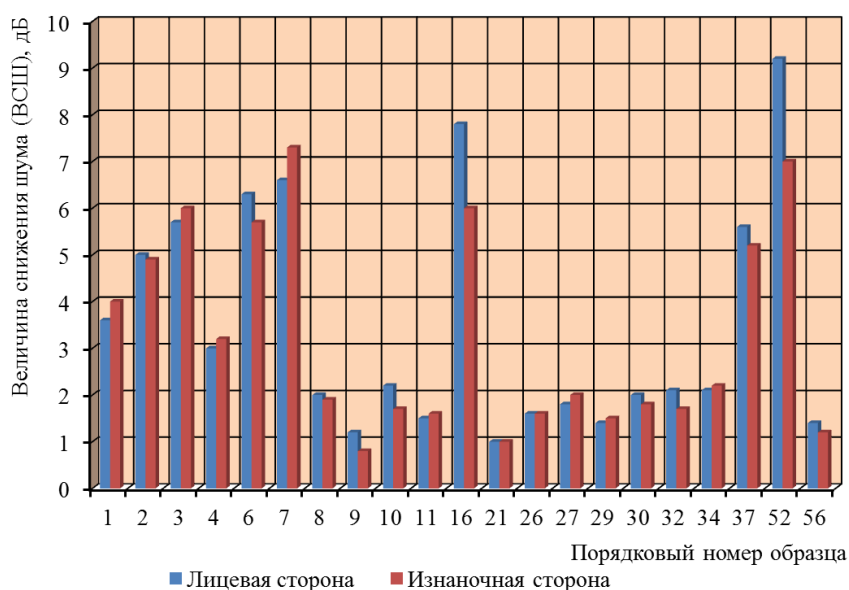


Рисунок 2.9- График зависимости ВСП от ориентации материала по отношению к источнику звука при частоте звука 100 Гц и исходной громкости 93,5 дБ

Из графиков, представленных на рисунках, видно, что у большинства исследованных материалов лицевая и изнаночная стороны равноценны по ВСП, что также подтверждается работами других исследователей [112].

Однако выявлен ряд материалов, у которых ВСШ лицевой и изнаночной сторонами различаются более чем на 1 дБ. Данный эффект обусловлен тем, что у указанных материалов лицевая и изнаночные стороны отличаются структурой и геометрическими параметрами. Определено также, что ВСШ для одного и того же материала зависит от частоты звука, в частности, выявлены материалы, у которых разница ВСШ для лицевой и изнаночной сторон при высокой частоте в несколько раз больше, чем при низкой, так и материалы, у которых наблюдается противоположная тенденция. К числу материалов, для которых характерна большая ВСШ при ориентации материала лицевой стороной к источнику шума, чем изнаночной, относятся образцы со следующими номерами:

- при 100 Гц – 2, 6, 8, 9, 10, 16, 30, 32, 37, 52 и 56;
- при 1000 Гц – 4, 6, 7, 8, 9, 11, 16, 26, 27, 29, 30, 32 и 56.

Следует отметить, что в подавляющем большинстве случаев при изготовлении защитной одежды используется не один материал, а пакет из нескольких материалов. С учетом описанных выше экспериментальных исследований представляет интерес определение выгодной ориентации материалов в пакете (лицо-изнанка) для получения максимального шумоснижающего эффекта.

Очевидно, что при использовании нескольких слоев материалов в пакете и чередовании их ориентации по отношению к источнику звука, возникает большое число возможных комбинаций. В этом случае рационально использовать расчетный метод выбора оптимального расположения материалов в пакете. С этой целью разработана методика расчета величины снижения шума трехслойным пакетом материалов. Описание разработанной программы представлено в приложении Ж.

При разработке методики расчета приоритетным условием являлось наличие в пакете наружного, внутреннего материала, и как минимум одного промежуточного материала. Данному условию удовлетворяют все пакеты материалов с числом слоев три и более. Предварительные расчеты показали

значительное усложнение математических зависимостей при рассмотрении четырехслойного пакета материалов по сравнению с трехслойным пакетом. По этой причине методика расчета составлена для трехслойного пакета материалов. В разработанной методике расчета учтены следующие допущения:

- энергия звуковой волны, падающей на поверхность каждого слоя, разделяется на три составляющие: отраженная, поглощенная и прошедшая сквозь материал;
- учитывается различие между коэффициентами отражения, прохождения и поглощения звуковой энергии для «лицевой» и «изнаночной» сторон каждого слоя;
- не рассматриваются процессы взаимодействия отраженных и прошедших волн;
 - не учитывается отражение звука от поверхности тела человека;
 - не учитывается частота падающей звуковой волны;
 - не учитывается толщина воздушного зазора между слоями материалов;
 - слои материала «обезличены», т.е. не учитываются их физико-механические свойства (пористость, поверхностная плотность, воздухопроницаемость и т.д.).

Перечисленные выше условия не учтены в разработанной методике расчета, поскольку это привело бы к существенному усложнению методики расчета при несущественном повышении точности расчетов. Определяющим условием к расчету по разработанной методике являются коэффициенты отражения, прохождения и поглощения звуковой энергии, дающие в сумме единицу. Необходимо отметить, что в пределах данной методики расчета обозначение сторон материала как «лицевая» и «изнаночная» является условным, поскольку эти стороны отличаются лишь коэффициентами отражения и прохождения звуковых волн и никакие особенности их структуры, наличие ворса, блеска и т.п. не учитываются. Разработанная

методика расчета позволяет судить лишь о долях отраженной, прошедшей и поглощенной звуковой энергии по отношению к падающей звуковой энергии, не определяя при этом конкретную величину снижения шума. Однако методика позволяет получить сравнительную характеристику различных вариантов компоновки пакета, с целью выбора более рационального. В данном случае критерием, позволяющим определить эффективную компоновку пакета, является доля отраженной звуковой энергии.

На основе методики разработана расчетная программа (приложение Ж) в Microsoft Office Excel, позволяющая определять долю снижения шума при использовании многослойного пакета материалов, состоящего из 3-х слоев с известными коэффициентами звукопрохождения, звукоотражения и звукопоглощения для «лицевого» и «изнаночного» слоев каждого материала.

Разработанная программа позволила провести ряд теоретических исследований по определению влияния ориентации материала «лицо-изнанка» на долю снижения шума. Так на примере образца №12-Брезент с пропиткой рассмотрен пакет, состоящий из трех одинаковых материалов. При выборе акустических параметров материала руководствовались следующим:

- сумма коэффициентов отражения, прохождения и поглощения каждой из сторон материала равна единице;
- коэффициент отражения «лицевого» слоя больше коэффициента отражения «изнаночного» слоя.

С учетом описанных выше требований, для проведения теоретического расчета принимаем в качестве расчетных следующие характеристики материала: $k_{отр}^{лиц} = 0,3$; $k_{отр}^{изн} = 0,1$; $k_{прош}^{лиц} = 0,65$; $k_{прош}^{изн} = 0,85$; $k_{погл} = 0,05$.

Меняя ориентацию материала – «лицо-изнанка», можно получить 8 комбинаций (приложение Ж). Результаты расчетов долей прошедшей,

отраженной и поглощенной звуковой энергии каждого варианта компоновки в разработанной программе, представлены на рисунке 2.9.

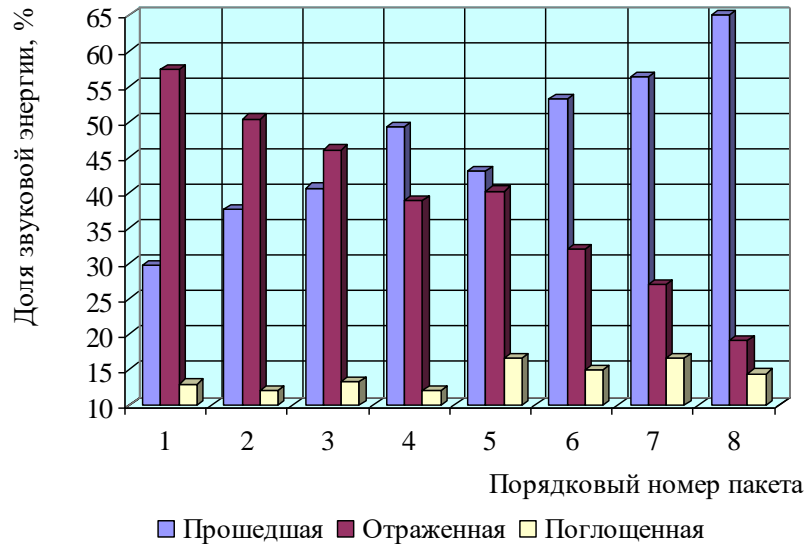


Рисунок 2.10 – Результаты расчета по влиянию ориентации материала на долю прошедшей, отраженной и поглощенной звуковой энергии

Анализ гистограммы показывает, что переориентация всех трех слоев (переход от наиболее эффективного варианта 1 к наименее эффективному варианту 8) приводит к изменению доли прошедшей звуковой энергии более чем в 2 раза, что свидетельствует о необходимости учета влияния ориентации «лицо-изнанка» на ВСШ.

Проводя анализ полученной гистограммы, следует отметить, что в реальных материалах (рисунки 2.8 и 2.9) переориентация материала «лицо-изнанка» приводит к изменению ВСШ лишь в 1,15...1,05 раза. Это объясняется тем, что коэффициенты отражения лицевой и изнаночной сторон, принимаемые в расчетной программе, отличались более чем в 2 раза. В действительности же коэффициенты отражения лицевой и изнаночной сторон материалов отличаются в гораздо меньшей степени, а значения, принимаемые в расчетной программе, необходимы для построения более наглядной и информативной гистограммы (рисунок 2.10). Анализируя полученные результаты установили, что наиболее эффективным с точки

зрения шумопонижения является пакет, в котором все три слоя материала обращены к источнику звука той стороной, которая обладает большим коэффициентом отражения.

2.2.3 Исследования влияния изменения геометрии поверхности материалов на величину снижения шума

При прохождении звуковых волн через какую-либо преграду происходит частичное отражение звука от поверхности материала. Установлено, [112] что использование драпировки материалов приводит к повышению их шумозащитных свойств. В связи с этим представляет интерес изучение влияния на ВСШ материала других видов изменения геометрии его поверхности (ИГП), в частности, за счет формирования односторонних зацепов. Целесообразно материалы с измененной геометрией поверхности использовать не по всей площади защитного костюма, а в областях, соответствующих участкам тела, в наибольшей степени подвергающихся негативному воздействию шума (крупные суставы – локтевые, коленные; крестец) [5].

Схематическое изображение материала с измененной геометрией поверхности (с закладыванием объемных складок) представлено на рисунке 2.11.

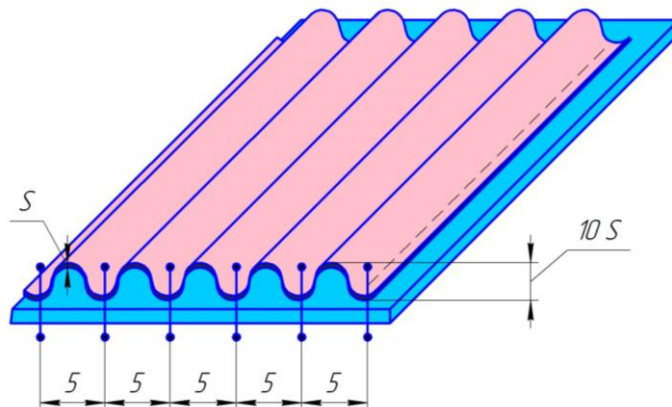


Рисунок 2.11-Материал с измененной геометрией поверхности

Используемые в данном исследовании материалы (джинс, кевлар и трикотаж) показали высокую ВСШ и по своим характеристикам (толщина, поверхностная плотность) пригодны для изготовления образцов с ИГП.

С целью проверки предположения, что геометрия поверхности влияет на шумозащитные свойства, проведены исследования для следующих видов материалов – наборы «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». Выбор джинса и кевлара обоснован следующим:

- материалы показали высокие шумозащитные свойства при 100 и 1000 Гц (рисунок 2.2);
- наличие необходимых (для производственных условий) эксплуатационных характеристик данных материалов (стойкость к истиранию, комплекс физико-механических свойств).

Использование трикотажа в качестве основы для настрачивания защипов из хлопчатобумажной ткани типа джинс и арамидной ткани (кевлар) обосновано его способностью к обратимому изменению формы и размеров.

Результаты экспериментов представлены на гистограмме 2.12.

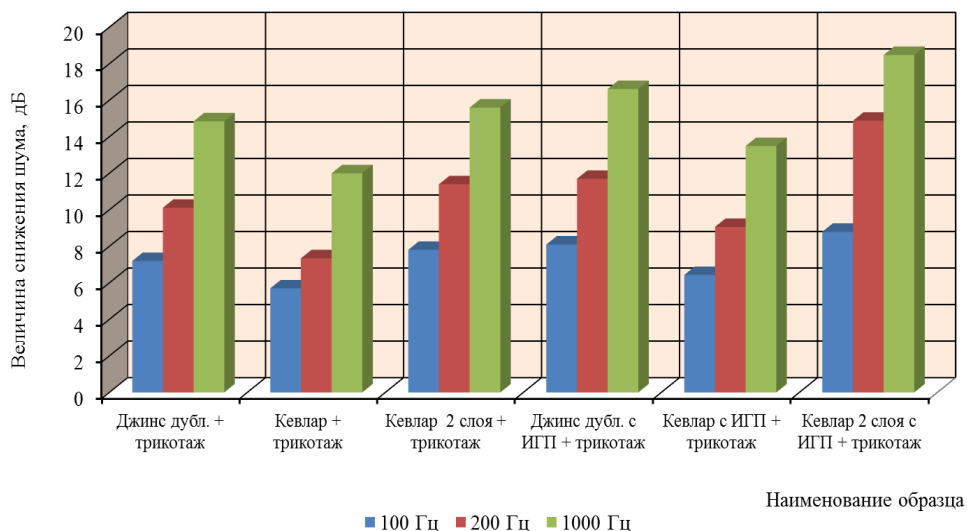


Рисунок 2.12– Гистограмма, отображающая ВСШ для материалов с ИГП

Анализ гистограммы показывает, что изменение геометрии поверхности одного из материалов пакета приводит к существенному повышению ВСШ: так, в наборе джинс-трикотаж, изменение геометрии поверхности джинсового слоя приводит к увеличению ВСШ на частоте 100 Гц в 1,12 раза, 200 Гц – в 1,2 раза, 1000 Гц – в 1,3 раза. При изменении геометрии поверхности кевлара в наборе кевлар-трикотаж получены следующие результаты: на частоте 100 Гц ВСШ увеличивалась в 1,13 раза, на частоте 200 Гц – в 1,23 раза, 1000 Гц – в 1,35 раза. При изменении геометрии поверхности двух слоев кевлара в наборе – двухслойный кевлар-трикотаж получены результаты: 100 Гц – увеличение ВСШ в 1,13 раза, 200 Гц – в 1,3 раза и при 1000 Гц – в 1,4 раза.

Таким образом, экспериментально установлено, что изменение геометрии поверхности текстильных материалов приводит к повышению его шумозащитных свойств. Следовательно, целесообразно применение вставок с измененной геометрией поверхности в проектируемом шумозащитном комплексе.

2.3 Исследование влияния состава и порядка компоновки слоев материалов в пакете на величину снижения шума

Перспективным направлением с точки зрения разработки эффективного шумозащитного комплекта является дальнейшее исследование пакетов материалов, представляющих собой многослойные наборы, уложенные по принципу «сэндвича». Принцип «сэндвича» позволяет «собирать» необходимые свойства (эксплуатационные, физические и др.) отдельных материалов в единый пакет.

2.3.1 Исследование влияния числа слоев материала на величину снижения шума

Очевидно, что увеличение числа слоев повышает ВСШ. Поэтому представляет интерес как теоретическое, так и практическое решение вопроса, связанного с выявлением и обоснованием зависимости ВСШ от числа слоев материала.

Учитывая сложный характер движения звуковых волн в многослойном образце (в частности, многократное отражение звука от слоев материала), а также то, что через каждый последующий слой проходит звук со все более низкой громкостью, можно принять, что приращение ВСШ каждого последующего слоя будет меньше, чем предыдущего (а не равно ему). Таким образом, можно предположить, что теоретический график зависимости ВСШ от числа слоев материала будет выглядеть следующим образом (рисунок 2.13):

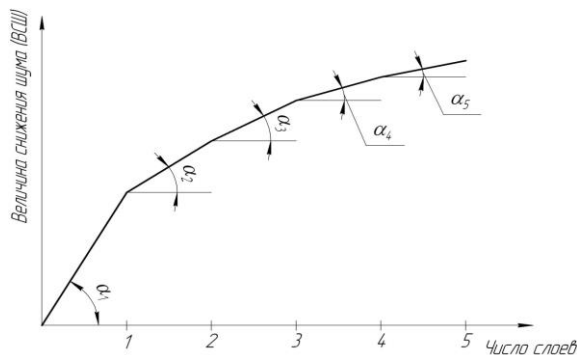


Рисунок 2.13– Теоретический график зависимости ВСШ от числа слоев материала

Из рисунка видно, что теоретический график зависимости ВСШ от числа слоев материала имеет ступенчатый характер (т.е. $\alpha_1 > \alpha_2 > \alpha_3 > \alpha_4 > \alpha_5$), что обуславливается сложным характером движения звуковых волн в многослойном образце. Более точно оценить влияние многократного отражения звуковых волн между слоями пакета материалов на долю

снижения шума позволят расчеты, проведенные с использованием описанной выше компьютерной программы. Расчеты проведены для пакетов, состоящих из одинаковых материалов, с коэффициентом отражения 0,1, коэффициентом прохождения пропускания 0,85 и коэффициентом поглощения 0,05. Значения коэффициентов приняты в соответствии с их реальными значениями для большинства материалов. Расчетные данные распределения доли звуковой энергии представлены в таблице 2.1, вклад каждого слоя материала в изменение доли звуковой энергии в таблице 2.2.

Таблица 2.1– Распределение звуковой энергии при ее прохождении через различное число слоев материалов (расчетные данные)

Количество слоев	Доля звуковой энергии, %		
	прошедшей	отраженной	поглощенной
1 слой	85	10	5
2 слоя	72,979	17,29	9,72
3 слоя	63,124	22,71	14,15

Таблица 2.2– Вклад каждого слоя пакета материалов в распределение звуковой энергии (расчетные данные)

Номер слоя	Изменение доли звуковой энергии за счет данного слоя, %		
	прошедшей	отраженной	поглощенной
1 слой	15	10	5
2 слой	12	7,29	4,72
3 слой	9,85	5,42	4,43

Анализ результатов расчетов показывает, что вклад каждого последующего слоя, добавленного к пакету материалов, меньше, чем вклад предыдущего, и подтверждает выдвинутую ранее гипотезу о зависимости ВСШ от числа слоев материала. График зависимости доли непрошедшей звуковой энергии от числа слоев материала имеет выраженный ступенчатый характер, что обуславливает правильность подхода к рассмотрению процесса прохождения звука через пакет материалов.

С целью проверки выявленных выше зависимостей были проведены экспериментальные исследования зависимости ВСШ от количества слоев одного и того же материала в образце. Определение ВСШ проводилось при частоте 100 Гц, 200 Гц и 1000 Гц, для материалов, показавших наиболее высокие результаты в проведенных ранее исследованиях (кевлар, винилис кожа и джинс композит дублированный). Исследования проводились для одного, двух, трех и четырех слоев материалов. Результаты исследования представлены на рисунках 2.14 - 2.16.

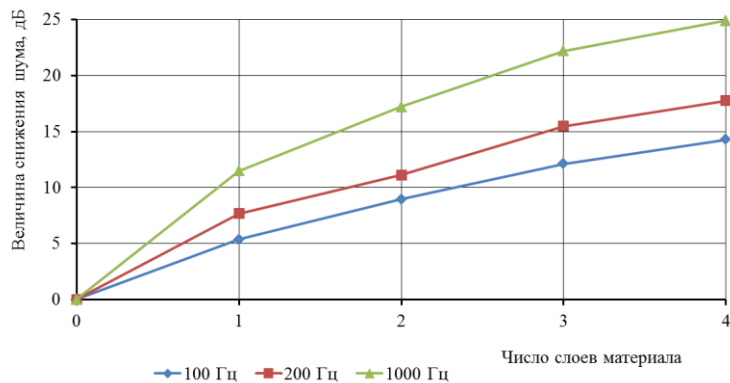


Рисунок 2.14 – Зависимость ВСШ от числа слоев материала (кевлар) при частоте звука 100, 200 и 1000 Гц (толщина материала 0,78мм - 1 слой)

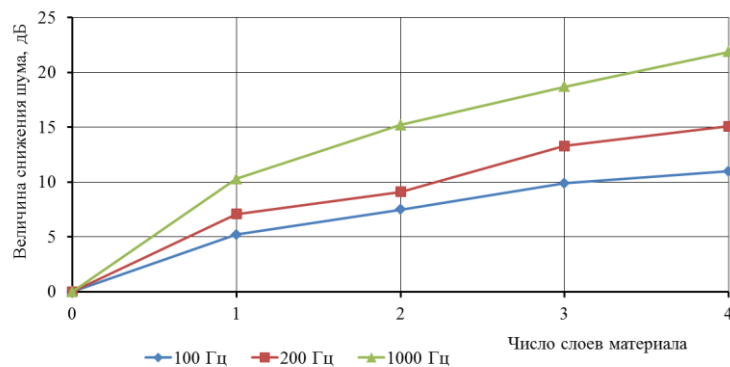


Рисунок 2.15 – Зависимость ВСШ от числа слоев материала (Грета-Т) при частоте звука 100, 200 и 1000 Гц (толщина материала 0,28мм - 1 слой)

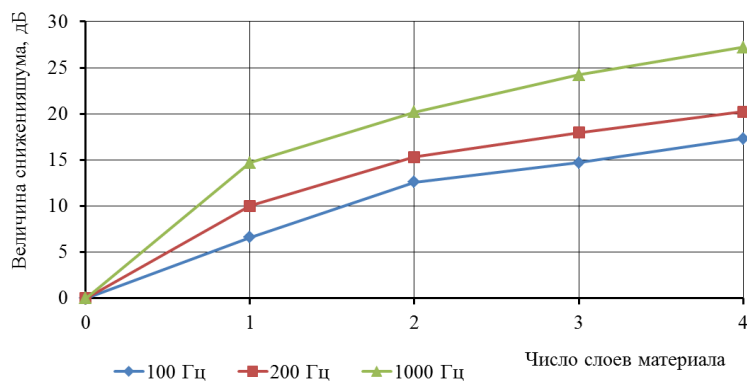


Рисунок 2.16 – Зависимость ВСШ от числа слоев материала (джинс композит дублированный) при частоте звука 100, 200 и 1000 Гц (толщина материала 0,65 мм - 1 слой)

Из зависимостей, представленных на рисунках 2.14-2.16 видно, что экспериментальные графики аналогичны выведенным ранее теоретическим. Это доказывает отсутствие прямо пропорциональной зависимости между ВСШ и количеством слоев в образце (вклад каждого нового слоя в суммарную величину снижения шума меньше, чем предыдущего), что необходимо учитывать при выборе толщин и числа слоев материалов в пакете.

2.3.2 Исследование влияния порядка компоновки слоев материалов в пакете на величину снижения шума

Известно, что при прохождении звука через материал частичное отражение происходит за счет перехода звуковых волн из среды с меньшей плотностью в среду с большей плотностью. Можно предположить, что ВСШ материала зависит от разности его объемной плотности и плотности граничащего с ним другого материала, при этом имеет значение порядок расположения материалов в пакете по отношению к источнику звука.

В эксперименте исследовался пакет материалов, состоящий из четырех слоев одного и того же материала, и одного слоя материала, свойства которого отличны от четырех других слоев (объемная плотность, толщина и

др.). В ходе эксперимента расположение «отличного» слоя в пакете по отношению к источнику звука менялось от первого к источнику звука до наиболее удаленного от источника звука. Порядок расположения перемещаемого слоя материала в пакете по отношению к источнику звука соответствует порядковому номеру пакета, так в первом пакете «отличный» слой расположен самым ближним к источнику звука, а в пятом соответственно самым удаленным от источника звука. В качестве перемещаемого слоя материала использовался петрофом, а в качестве остальных слоев Грета-Т и кевлар, поскольку данные материалы резко различаются по плотности и имеют высокие шумозащитные свойства.

Результаты исследований пакета представлены на гистограмме 2.17. При частоте 100 Гц исходная громкость 93,5 дБ, на частоте 1000 Гц - исходная громкость 117,2 дБ.

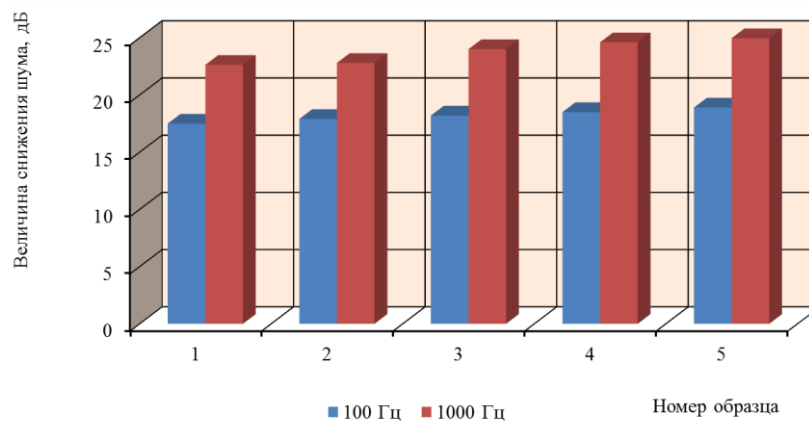


Рисунок 2.17 – Гистограмма величины снижения шума для образцов петрофом – Грета-Т

Результаты исследований пакета кевлар – петрофом при частоте 100 Гц (исходная громкость 93,5 дБ) и 1000 Гц (исходная громкость 117,2 дБ) представлены и на гистограмме 2.18.

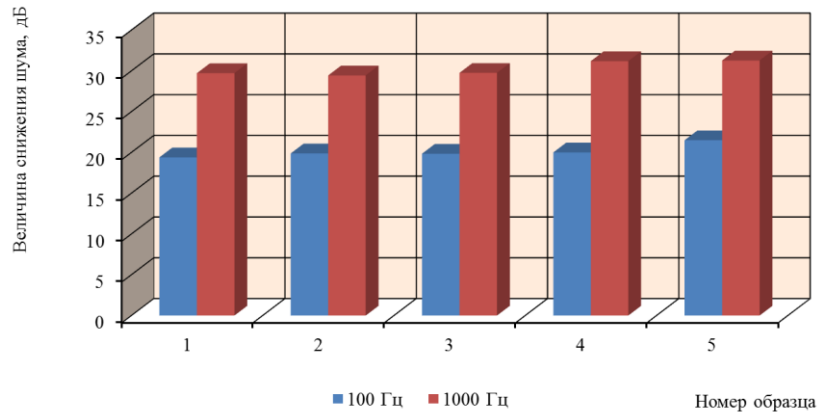


Рисунок 2.18 – Гистограмма величины снижения шума для образцов петрофом – кевлар

Из гистограммы (рисунок 2.18) видно, что чем более удален слой петрофома от источника звука, тем больше ВСШ. Данный эффект более выражен при частоте звука 1000 Гц, чем при 100 Гц. В частности, перемещение слоя петрофома от первого к источнику звука до наиболее удаленного от него приводит к увеличению ВСШ в 1,07 раза на частоте 100 Гц и в 1,13 раза на частоте 1000 Гц. Анализ гистограммы также показывает аналогичную тенденцию увеличения ВСШ при перемещении слоя петрофома между слоев джинса. В частности, перемещение слоя петрофома от первого к источнику звука до наиболее удаленного от него приводит к увеличению ВСШ в 1,15 раза на частоте 100 Гц и в 1,33 раза на частоте 1000 Гц. То есть, чем более удален пористый материал от источника шума, тем больше ВСШ пакета.

Представляет интерес теоретическое исследование шумозащитных свойств пакета материалов, состоящего из трех слоев, проведенное в описанной выше компьютерной программе. При этом свойства только двух слоев одинаковые, а слои менялись местами внутри пакета. В первом случае одинаковым у трех слоев является коэффициент звукопоглощения (Таблица 2.3).

Таблица 2.3– Исходные данные к расчетной программе (для слоев с постоянным коэффициентом звукопоглощения)

№ п/п	Коэффициенты первого слоя			Коэффициенты второго слоя			Коэффициенты третьего слоя		
	Отражения	Прошедшего звука	Поглощения	Отражения	Прошедшего звука	Поглощения	Отражения	Прошедшего звука	Поглощения
1	0,05	0,9	0,05	0,15	0,8	0,05	0,25	0,7	0,05
2	0,05	0,9	0,05	0,25	0,7	0,05	0,15	0,8	0,05
3	0,15	0,8	0,05	0,05	0,9	0,05	0,25	0,7	0,05
4	0,15	0,8	0,05	0,25	0,7	0,05	0,05	0,9	0,05
5	0,25	0,7	0,05	0,05	0,9	0,05	0,15	0,8	0,05
6	0,25	0,7	0,05	0,15	0,8	0,05	0,05	0,9	0,05

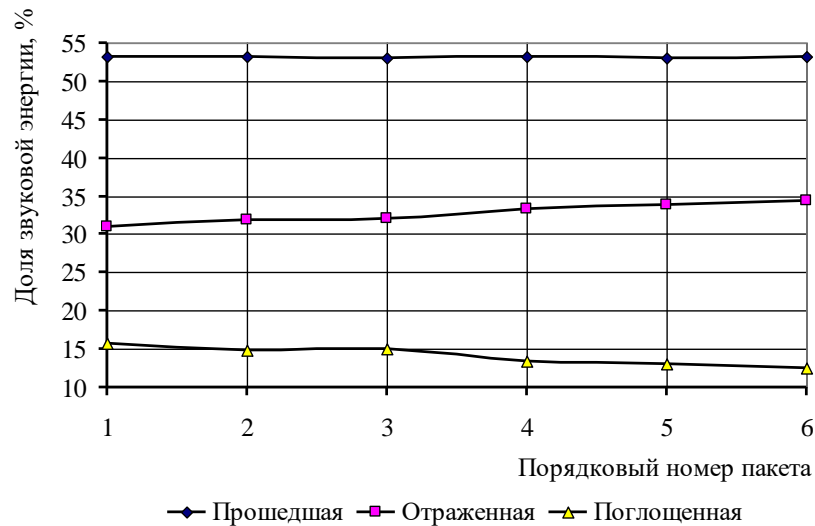


Рисунок 2.19– Распределение звуковой энергии для различных вариантов компоновки (для слоев с постоянным коэффициентом звукопоглощения)

Во втором случае одинаковым у трех слоев является коэффициент звукоотражения (Таблица 2.4).

Таблица 2.4 – Исходные данные к расчетной программе (для слоев с постоянным коэффициентом звукоотражение)

№ п/п	Коэффициенты первого слоя			Коэффициенты второго слоя			Коэффициенты третьего слоя		
	Отражения	Прошедшего звука	Поглощения	Отражения	Прошедшего звука	Поглощения	Отражения	Прошедшего звука	Поглощения
1	0,1	0,85	0,05	0,1	0,75	0,15	0,1	0,65	0,25
2	0,1	0,85	0,05	0,1	0,65	0,25	0,1	0,75	0,15
3	0,1	0,75	0,15	0,1	0,85	0,05	0,1	0,65	0,25
4	0,1	0,75	0,15	0,1	0,65	0,25	0,1	0,85	0,05
5	0,1	0,65	0,25	0,1	0,75	0,15	0,1	0,85	0,05
6	0,1	0,65	0,25	0,1	0,85	0,05	0,1	0,75	0,15

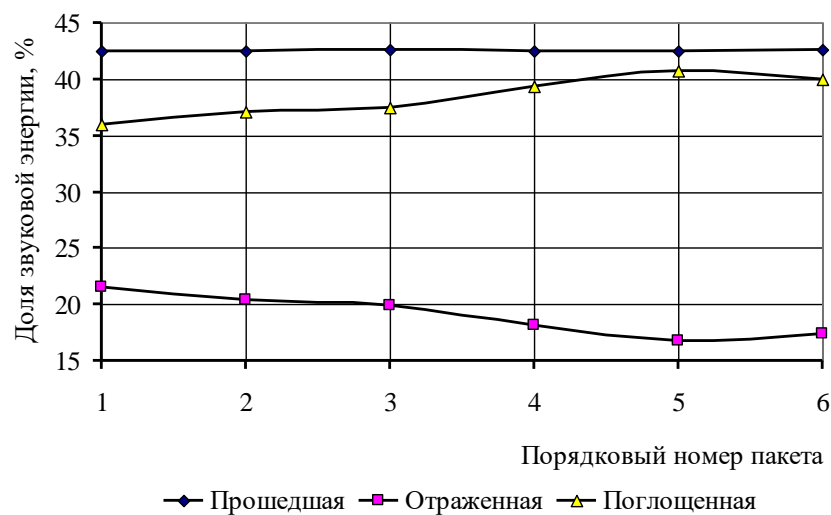


Рисунок 2.20 – Распределение звуковой энергии для различных вариантов компоновки (для слоев с постоянным коэффициентом звукоотражения)

В третьем случае одинаковым у трех слоев является коэффициент прошедшего звука (Таблица 2.5)

Таблица 2.5– Исходные данные к расчетной программе (для слоев с постоянным коэффициентом прохождения звуковой энергии)

№ п/п	Коэффициенты первого слоя			Коэффициенты второго слоя			Коэффициенты третьего слоя		
	Отражения	Прошедшего звука	Поглощения	Отражения	Прошедшего звука	Поглощения	Отражения	Прошедшего звука	Поглощения
1	0,05	0,7	0,25	0,15	0,7	0,15	0,25	0,7	0,05
2	0,05	0,7	0,25	0,25	0,7	0,05	0,15	0,7	0,15
3	0,15	0,7	0,15	0,05	0,7	0,25	0,25	0,7	0,05
4	0,15	0,7	0,15	0,25	0,7	0,05	0,05	0,7	0,25
5	0,25	0,7	0,05	0,15	0,7	0,15	0,05	0,7	0,25
6	0,25	0,7	0,05	0,05	0,7	0,25	0,15	0,7	0,15

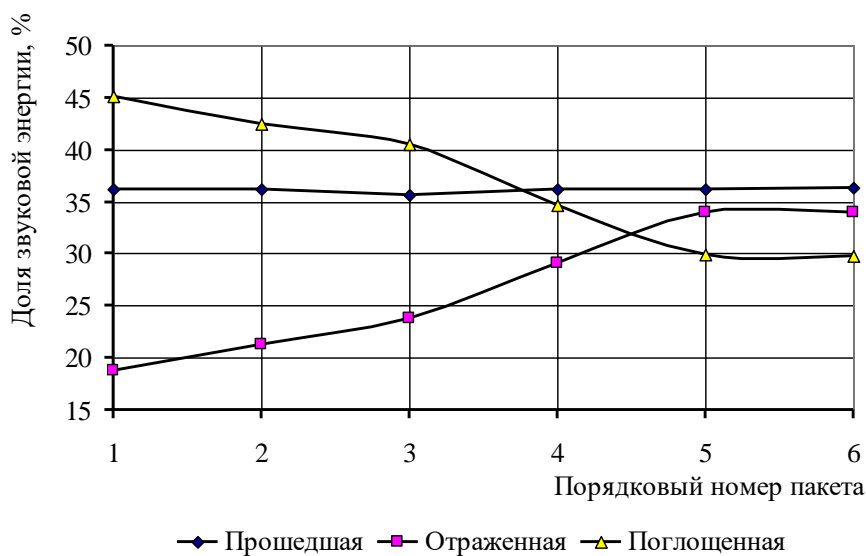


Рисунок 2.21– Распределение звуковой энергии для различных вариантов компоновки (для слоев с постоянным коэффициентом прошедшего звука)

Из рисунков 2.20 и 2.21 видно, что во всех трех случаях для шести пакетов доля прошедшей энергии практически одинакова, в то время как между звукоотражением и звукопоглощением энергия распределяется по-разному и доля этих составляющих меняется. Анализ полученных расчетных данных свидетельствует о том, что чередование внутри пакета слоев с

различными коэффициентами отражения не приводит к какому-либо заметному увеличению ВСШ. Вероятно, несоответствие расчетных данных экспериментальным объясняется допущениями, принятыми при разработке расчетной программы (см. п.п 2.2.2) и в частности, тем, что программа не учитывает наличие воздушной прослойки между слоями материала (также, как и в самом материале). В результате можно предположить, что в процессе влияния порядка компоновки пакетов материала на ВСШ важную роль играет наличие воздушного зазора как между материалами, так и в самих материалах.

Дополнительно проведены расчеты, в которых рассмотрен пакет, состоящий из трех материалов, у одного из которых коэффициент отражения лицевого слоя (в данном случае слоя обращенного в сторону источника звука) больше коэффициента отражения изнаночного слоя (слой S - $k_{отр}^{лиц} > k_{отр}^{изн}$; $k_{отр}^{лиц} + k_{прош}^{лиц} + k_{погл} = 1$; $k_{отр}^{изн} + k_{прош}^{изн} + k_{погл} = 1$). Два остальных материала обладают одинаковыми коэффициентами отражения с обеих сторон (слои T - $k_{отр}^{лиц} = k_{отр}^{изн}$; $k_{отр}^{лиц} + k_{прош}^{лиц} + k_{погл} = 1$; $k_{отр}^{изн} + k_{прош}^{изн} + k_{погл} = 1$). Коэффициент поглощения звуковой энергии у всех трех материалов одинаковый.

Расчеты проводились в описанной выше программе, исходные значения коэффициентов приняты с учетом указанных требований:

- слой S - $k_{отр}^{лиц} = 0,3$; $k_{отр}^{изн} = 0,1$; $k_{прош}^{лиц} = 0,65$; $k_{прош}^{изн} = 0,85$; $k_{погл} = 0,05$.

- слой T - $k_{отр}^{лиц} = 0,1$; $k_{отр}^{изн} = 0,1$; $k_{прош}^{лиц} = 0,85$; $k_{прош}^{изн} = 0,85$; $k_{погл} = 0,05$.

Комбинируя между собой расположение слоев получили 3 варианта, представленные: 1 вариант STT; 2 вариант TST; 3 вариант TTS.

Результаты расчетов представлены на рисунке 2.22.

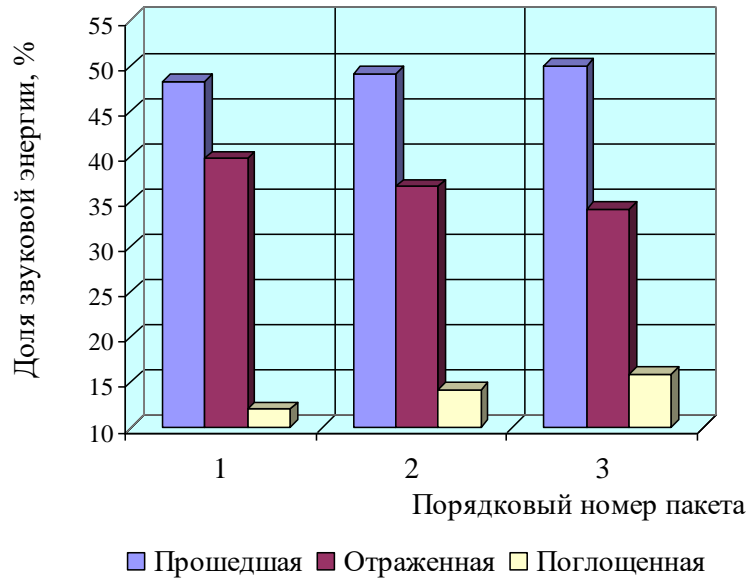


Рисунок 2.22– Гистограмма распределения звуковой энергии для различных вариантов компоновки пакета материалов

Из рисунка видно, что наиболее эффективным с точки зрения снижения шума является вариант компоновки, при котором материал с различными коэффициентами отражения лицевой и изнаночной сторон расположен ближним к источнику звука. Очевидно, это связано с тем, что каждый слой находится в «акустических условиях», различных по обе стороны материала, т.е. с разных сторон отражаются волны с различной звуковой энергией (и, соответственно, сквозь разные стороны проходят волны также, с различной звуковой энергией).

В результате исследований выявлена зависимость ВСШ пакета материалов от порядка их компоновки. Расчетным путем установлено, что наибольшая ВСШ характерна для варианта компоновки, при котором лицевая сторона, обладающая наибольшим коэффициентом отражения, расположена ближней к источнику звука.

2.3.3 Исследование величины снижения шума пакетами материалов

Для исследования снижения шума были разработаны и изготовлены 12 пакетов материалов различных вариантов компоновки материалов внутри пакета. В данном исследовании рассматриваются материалы, (приложение Ж) показавшие себя как наиболее перспективные с точки зрения снижения шума по результатам анализа графиков 2.2-2.4.

Исследования проводились при частоте звука 100 Гц при громкости 93,5 дБ и частоте 1000 Гц при громкости 117,2 дБ. Порядок компоновки и номера пакетов материалов представлены в приложении Г. Результаты исследования величины снижения шума образцами пакетов материалов различной компоновки представлены на рисунках 2.23-2.24.

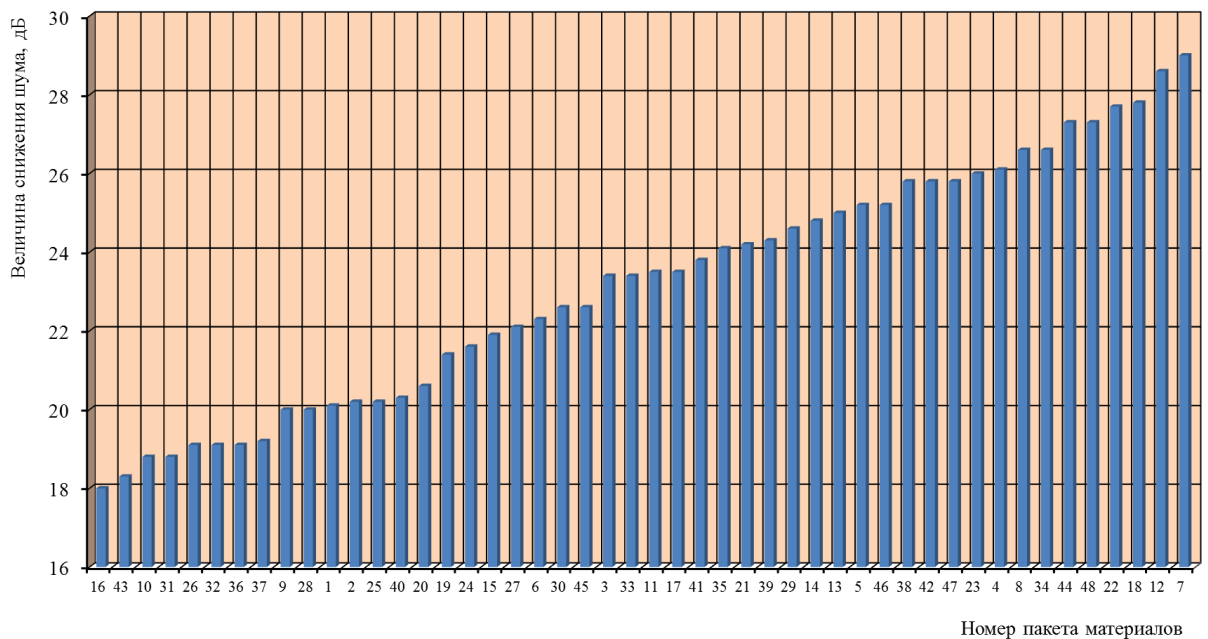


Рисунок 2.23 – Гистограмма ВСШ, соответствующая различным образцам пакетов материалов при частоте звука 100 Гц

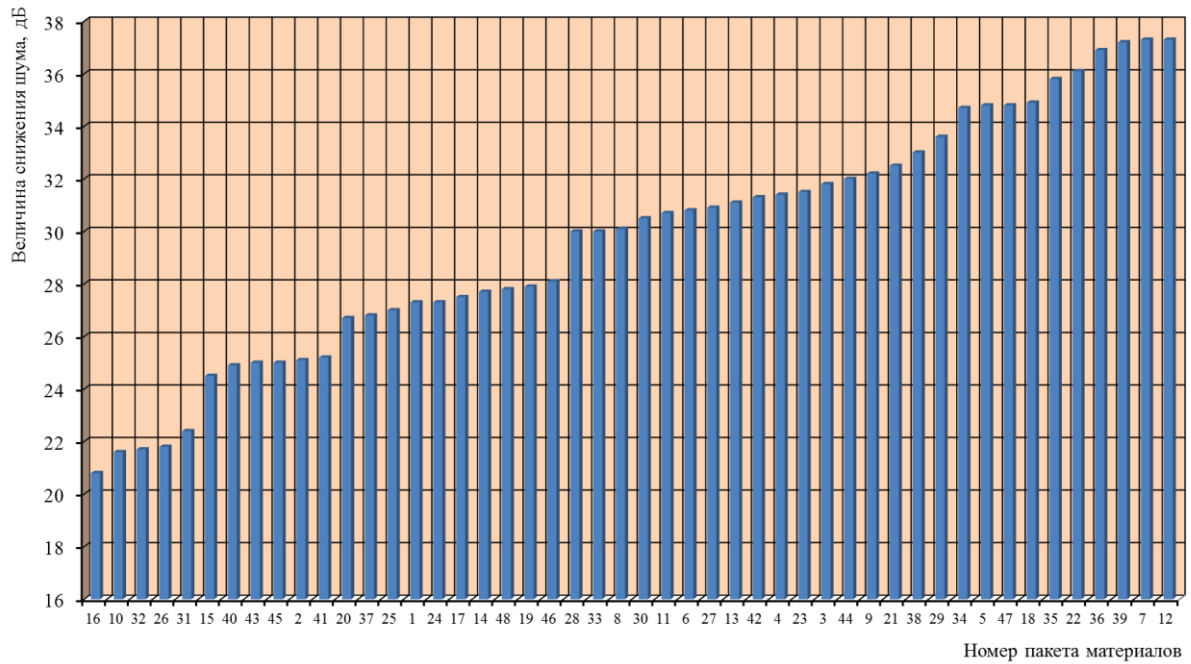


Рисунок 2.24 – Гистограмма ВСШ, соответствующая различным образцам пакетов материалов при частоте звука 1000 Гц

Анализ представленных гистограмм, показывает, что при низкой частоте 100 Гц можно выделить шесть вариантов пакетов материалов с наиболее высокими значениями ВСШ (44; 48; 22; 18; 12; 7). Однако, из данных образцов на частоте 1000 Гц высокую эффективность показали лишь два пакета (12; 7), в то время как остальные образцы показали средние результаты по эффективности шумозащиты. Поэтому наиболее перспективными для дальнейших исследований выделены пакеты, состоящие из следующих материалов:

№ 12 – Кевлар №35, иглопробивной материал №47, коверстат №48, петрофом №40, фланель №55;

№ 7 – Кевлар №35, коверстат №48, иглопробивной материал №47, петрофом №40, фланель №55.

Экспериментально установлено, что добавление в пакет материалов петрофома приводит к увеличению ВСШ, причем с увеличением толщины петрофома повышаются шумозащитные свойства пакета материалов.

Следовательно, включение в пакет материалов слоя петрофома является перспективным направлением разработки шумозащитных элементов одежды.

Следует отметить, что выбранные пакеты материалов отличаются лишь компоновкой одних и тех же материалов, при этом пакет №7 является наиболее перспективными для изготовления шумозащитного жилета, поскольку показал лучшие результаты на низкой частоте (наиболее опасной для внутренних органов тела человека).

2.4 Разработка и исследование эффективности шумозащитных композиционных материалов

В настоящее время распространено использование нетрадиционных материалов в различных отраслях промышленности с целью достижения желаемых свойств и функционала СИЗ, соответственно, необходимого положительного эффекта. Поэтому в процессе поиска наиболее эффективных материалов и пакетов из них не следует ограничиваться только материалами, используемыми для производства специальной одежды в легкой промышленности. В качестве таких образцов предложено использовать сочетание ткани с нанесенным на него силиконовым слоем и ткань с термически склеенным слоем пенополиэтилена. Данные материалы являются композиционными, поскольку представляют собой сочетание разнородных материалов, и в дальнейшем будут именоваться соответственно КМ-1 и КМ-2.

Экспериментальный композиционный материал КМ-1 состоит из двух слоев – ткань Грета-Т с нанесенным на него слоем силикона. В качестве нанесенного слоя использовался силикон, поскольку данное вещество, во-первых, обладает сплошной однородной не кристаллической структурой, а во-вторых, характеризуется необходимыми пластическими и упругими свойствами, что является важным эксплуатационным показателем.

Технология нанесения силиконового слоя заключалась в следующем: силикон наносился на поверхность материала с использованием специального «пистолета». По поверхности слой силикона распределялся ровным слоем при помощи гладила, представляющего собой ручку с прикрепленной к ней пластиной, на одной стороне которой установлены стальные ограничители с закругленными концами. Необходимая толщина наносимых слоев силикона обеспечивалась за счет использования гладил с ограничителями различной длины. В процессе исследований измерялась ВСШ следующих образцов: ткань Грета-Т без силиконового слоя, ткань Грета-Т с нанесенным на нее слоем силикона, толщиной соответственно 0,5; 1; 2; 2,5; 3; 4 мм. Результаты исследований представлены на рисунках 2.25-2.26.

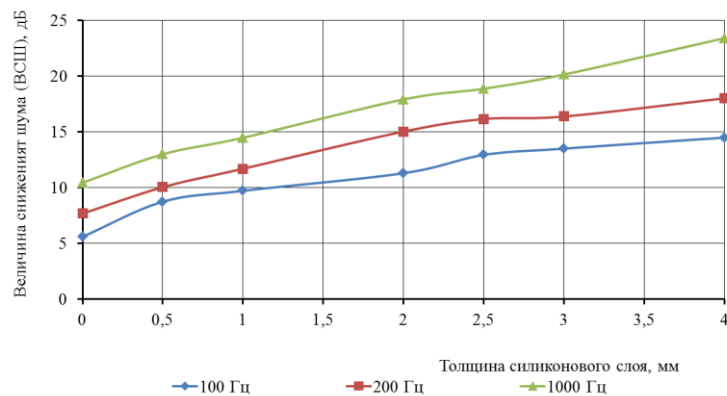


Рисунок 2.25 – График зависимости ВСШ от толщины силиконового слоя

Анализ полученного графика показывает, что ВСШ увеличивается с повышением толщины силиконового слоя. Из графика видно, что:

- силиконовый слой обладает шумозащитными свойствами, достаточными для его использования в защитном комплекте;
- нанесение 4 мм слоя силикона на поверхность материала кевлар повышает ВСШ полученного композиционного материала при частоте 100 Гц на 8,9 дБ, при частоте 200 Гц – на 10,3 дБ, при частоте 1000 Гц – на 14,7 дБ.

Поскольку при увеличении толщины силиконового слоя количество поверхностей раздела сред (силикон - воздух) остается неизменным, то

очевидно, что увеличение ВСШ происходит преимущественно за счет поглощения звука внутри силикона.

В качестве второго исследуемого материала рассмотрены композиционные материалы, состоящие из основного материала (Грета-Т и кевлар) и дополнительного исследуемого слоя (пенополиэтилен). В эксперименте количество и толщина основного материала оставались постоянными, а толщина вспомогательного изменялась и принимала следующие значения: 0; 1; 1,5; 2,5 и 3 мм. Исследования проводились при частоте звука 100 Гц, 200 Гц и 1000 Гц. Результаты измерений представлены на рисунке 2.26.

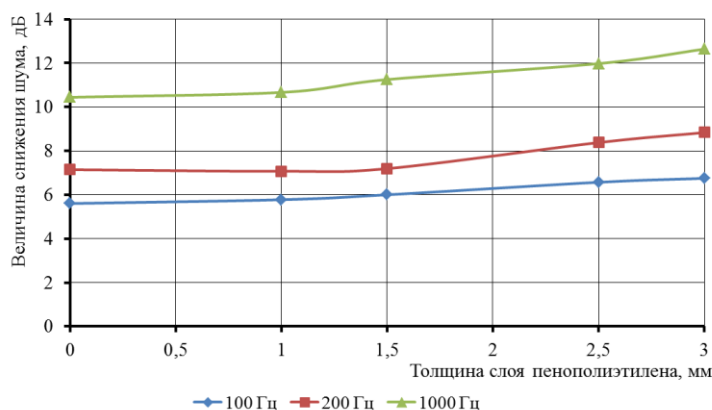


Рисунок 2.26 – Зависимость величины снижения шума от толщины слоя пенополиэтилена (основа – кевлар)

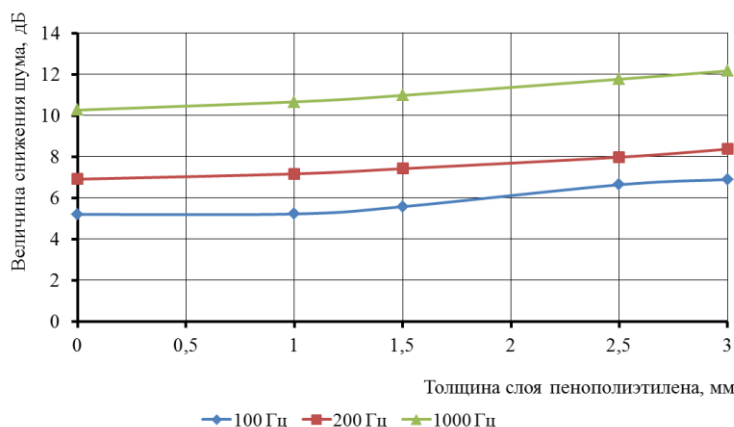


Рисунок 2.27 – Зависимость величины снижения шума от толщины слоя пенополиэтилена (основа – Грета-Т)

Анализ полученного графика показывает, что ВСШ увеличивается с повышением толщины слоя пенополиэтилена. Из графика видно, что:

- слой пенополиэтилена обладает шумозащитными свойствами, недостаточными для его использования в защитном комплекте;

- использование слоя пенополиэтилена толщиной 3 мм повышает ВСШ полученного композиционного материала при частоте 100 Гц на 2,65 дБ, при частоте 200 Гц – на 2,4 дБ, при частоте 1000 Гц – на 3,0 дБ. Поскольку образцы КМ-2 показали сравнительно низкие значения ВСШ, то их исследование в дальнейшем не является перспективным.

2.5 Влияние факторов переменной климатической среды на величину снижения шума

При проведении аналитического обзора было отмечено, что такие климатические факторы, как градиент температуры воздуха, влажность и ветровые условия оказывают влияние на распространение звуковых волн в пространстве. В связи с тем, что в процессе эксплуатации проектируемая шумозащитная одежда может подвергаться воздействию перечисленных выше климатических факторов, представляет интерес исследование влияния данных факторов на ВСШ.

2.5.1 Исследование влагосодержания в материалах на величину снижения шума

В процессе эксплуатации проектируемый шумозащитный комплект неизбежно подвергается воздействию климатических факторов, в число которых входят осадки. Представляет интерес, как изменяются шумозащитные свойства пакета материалов при изменении содержания влаги в нем.

Результаты исследования ВСШ для пяти образцов материалов при насыщенном содержании влаги и в сухом состоянии представлены на рисунках 2.28-2.29.

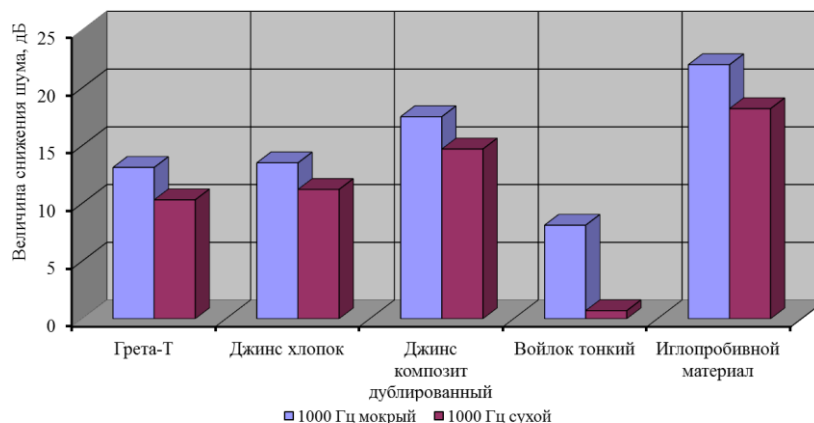


Рисунок 2.28– Гистограмма ВСШ при различном содержании влаги в исследуемых образцах при 1000 Гц

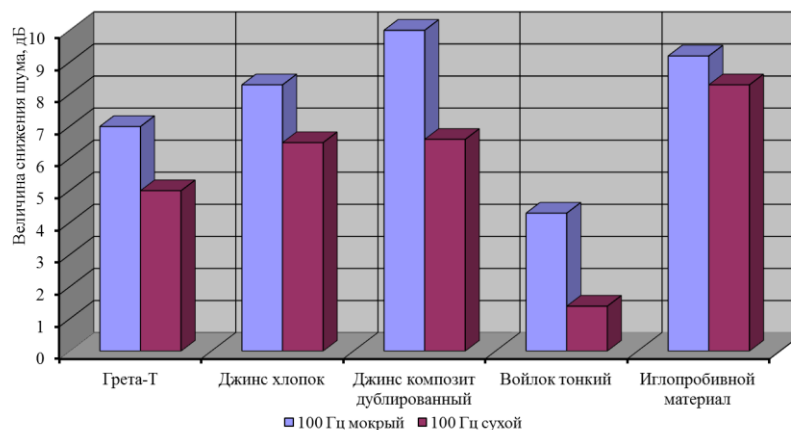


Рисунок 2.29 – Гистограмма ВСШ при различном содержании влаги в исследуемых образцах при 100 Гц

Анализ полученных зависимостей показывает, что все исследуемые образцы при насыщенном содержании влаги в материале обладают большими шумозащитными свойствами, чем в сухом состоянии. Также исследована динамика изменения ВСШ по мере высыхания образца. Методика данных исследований заключалась в следующем:

- исследуемый образец материала в мокром состоянии (материал окунался в воду и слегка отжимался для устранения самопроизвольного стекания воды) помещался в экспериментальную установку;

- проводилось измерение величины снижения шума образца материала в мокром состоянии;

- последующие измерения величины снижения шума проводились через каждые 30 минут (при постепенном высыхании образца материала).

Измерения проводились при температуре воздуха в помещении 25°C , количество измерений не менее пяти [141]. Результаты эксперимента представлены на рисунке 2.30.

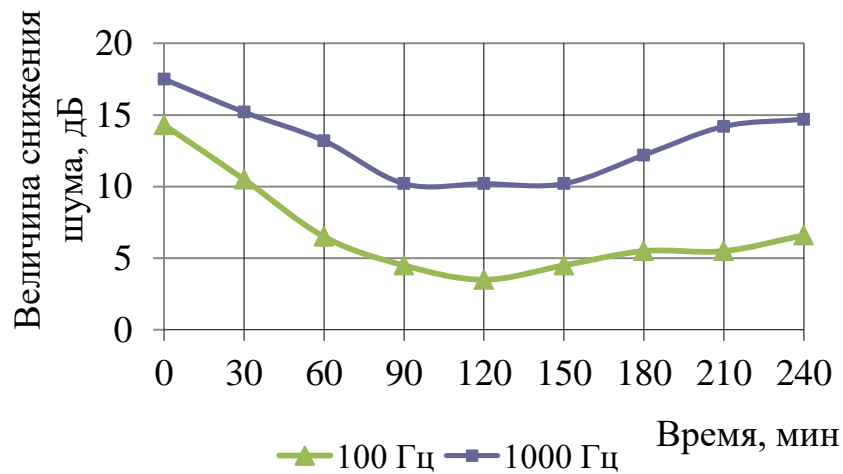


Рисунок 2.30– График изменения ВСШ по мере высыхания образца

График, представленный на рисунке 2.30, свидетельствует об отсутствии линейной зависимости ВСШ от содержания влаги в материале. Особенность графика заключается в том, что он включает в себя два участка: на первом участке значение ВСШ по мере высыхания образца снижается, а на втором возрастает. С теоретической точки зрения, полученные результаты можно объяснить, рассматривая по отдельности процесс звукоотражения и процесс звукопоглощения. Влияние содержания влаги в материале на процесс звукоотражения заключается в следующем. При предельном содержании влаги в материале (сразу после окунания в воду) вода полностью заполняет собой все поры, воздушные прослойки, зазоры между нитями и т.д. После активного стекания воды в материале остается влага, удерживаемая капиллярными силами. На данной стадии влага продолжает образовывать сплошной водяной слой на

поверхности материала. Данный слой, за счет большой разности плотностей между воздухом и водой обладает значительной звукоотражающей способностью.

По мере дальнейшего высыхания исчезают водяные пленки в воздушных ячейках, удерживаемые за счет сил поверхностного натяжения и влага остается преимущественно в нитях и волокнах. Данный эффект является пороговым в изменении звукоотражающих свойств влажного материала, поскольку водяной слой на поверхности материала перестает быть сплошным и звуковые волны свободно проникают сквозь «ячейки» материала. Однако скачкообразного изменения звукоотражательных свойств на данном этапе не происходит, поскольку процесс исчезновения водяных пленок в «ячейках» материала происходит не лавинообразно, а постепенно сверху вниз под действием силы тяжести. Аналитический график изменения звукоотражения при снижении содержания влаги в материале представлен на рисунке 2.31.

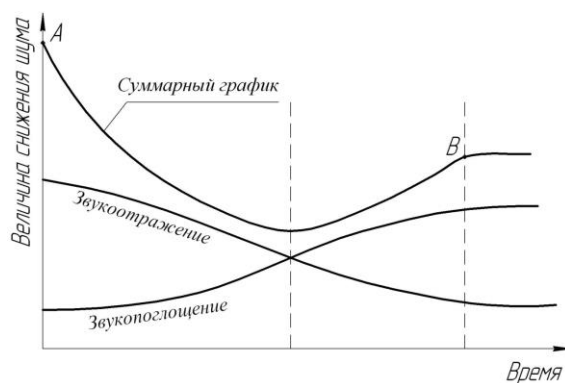


Рисунок 2.31 — Аналитический график изменения шумозащитных свойств материала по мере его высыхания

Влияние содержания влаги в материале на звукопоглощающие свойства материала имеет следующие особенности. Для эффективного преобразования энергии звуковых волн в тепловую энергию (звукопоглощения) образец должен обладать волокнистой структурой. При намокании тканевых материалов нити под воздействием воды слипаются, в результате чего пропадает указанное необходимое условие процесса звукопоглощения. По мере высыхания материала нити вновь приобретают

первоначальную волокнистую структуру, вследствие чего интенсивность процесса звукопоглощения восстанавливается. График, соответствующий описанным выше рассуждениям, представлен на рисунке 2.31.

Поскольку процессы звукопоглощения и звукоотражения происходят одновременно, то реальная зависимость изменения шумозащитных свойств материала по мере его высыхания будет представлять собой суммарный график описанных выше закономерностей (рисунок 2.31). В результате он будет представлять собой V-образную кривую, направленную выпуклостью вниз, причем если точка *A* расположена выше точки *B*, то доминирующим является процесс звукоотражения, а если выше точка *B* – процесс звукопоглощения. Установлено, что изменение содержания влаги в материале влияет на его шумозащитные свойства. При этом отмечено, что материал при предельных содержаниях влаги (при конкретных внешних условиях) обладает наибольшей ВСШ, в то время как при промежуточном содержании влаги шумозащитные свойства снижаются. Таким образом, при выборе основного материала необходимо учитывать наличие у него водоотталкивающих свойств.

2.5.2 Влияние температуры на величину снижения шума

Поскольку целевые рабочие места, для которых характерны опасные уровни шума, располагаются в регионе с низкой температурой воздуха, то представляет интерес исследование влияния отрицательных температур на шумозащитные свойства материала. Результаты измерений ВСШ пяти образцов при отрицательной (минус 25 °С) и комнатной температурах (25 °С) представлены на рисунках 2.32 и 2.33.

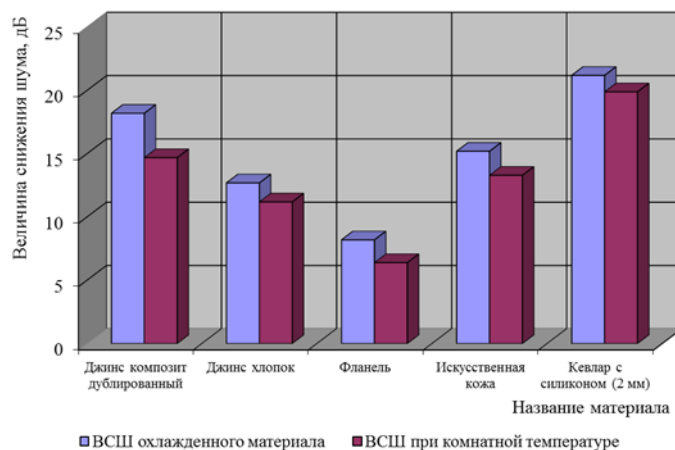


Рисунок 2.32– Гистограмма влияния температуры на ВСП для различных материалов на 1000 Гц

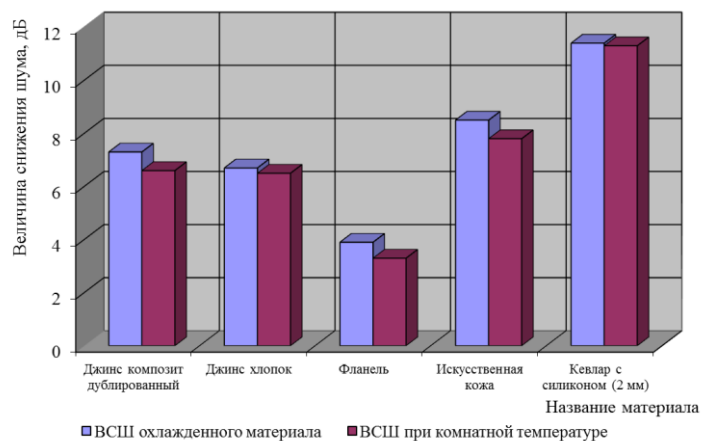


Рисунок 2.33– Гистограмма влияния температуры на ВСП для различных материалов на 100 Гц

Известно [143], что с понижением температуры у текстильных материалов меняется ряд свойств (разрывная нагрузка, разрывное удлинение, истирание, воздухопроницаемость и т.д.). Это связано с изменением физических свойств материала, что безусловно влияет и на шумозащитные свойства, в частности экспериментально установлено, что ВСП при комнатной температуре ниже чем при отрицательной. Следовательно, влияние охлаждения до отрицательных температур на ВСП материала следует учитывать при проектировании шумозащитного комплекта одежды.

Исследование влияния ветровых условий на величину снижения шума не проводились по причине того, что ветер влияет только на характер распространения звуковых волн в пространстве.

ВЫВОДЫ К ГЛАВЕ 2

1. С целью проведения исследований разработана конструкция экспериментальной установки для измерения акустических параметров материалов, используемых при изготовлении защитной одежды. На разработанную установку получен патент на полезную модель №132898 «Стенд для измерения акустических параметров материалов, используемых для изготовления защитной одежды».

2. В ходе экспериментов определена величина снижения шума образцами основного, подкладочного и прокладочного материалов. Образцы материалов, обладающие наибольшей величиной снижения шума, отобраны для проведения дальнейших исследований.

3. В результате исследований у ряда материалов установлена зависимость величины снижения шума от ориентации материала «лицо-изнанка» по отношению к источнику звука. Также разработана методика расчета доли снижения шума трехслойным пакетом материалов, на основе которой скомпилирована компьютерная программа для расчета. Установлено, что наибольшая величина снижения шума достигается при обращении всех слоев материала пакета к источнику звука стороной, обладающей большим коэффициентом отражения звука.

4. Экспериментально доказано, что изменение геометрии поверхности текстильных материалов приводит к повышению шумозащитных свойств. Доказано отсутствие прямо пропорциональной зависимости между величиной снижения шума и количеством слоев материала в пакете (вклад каждого нового слоя в суммарную величину снижения шума меньше, чем предыдущего). Установлено, что величина снижения шума пакетом

материалов, состоящего из нескольких слоев материалов с высокой объемной плотностью и одного материала с низкой плотностью, зависит от взаимного расположения данных материалов. При этом наибольшая величина снижения шума достигалась при расположении менее плотного материала наиболее удаленным от источника звука. В результате экспериментального исследования величины снижения шума пакетами материалов в качестве самого эффективного образца принят вариант №7 имеющий следующий состав Кевлар №35, коверстат №48, иглопробивной материал №47, петрофом №40, фланель №55.

5. Разработаны образцы композиционных материалов и исследованы их шумозащитные свойства. Образцы материалов с силиконовым слоем в ходе исследований показали результаты, достаточные для их использования в шумозащитном комплекте.

6. Выявлена зависимость шумозащитных свойств материалов от климатических факторов окружающей среды и обоснована целесообразность их учета при разработке математической модели процесса шумозащиты.

ГЛАВА 3 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ШУМОЗАЩИТЫ С ПОМОЩЬЮ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ

Компоновка пакета материалов по принципу «сэндвича» предполагает значительное количество возможных вариантов данной компоновки. Разработка математической модели шумозащитных свойств пакета материалов позволит расчетным путем из множества различных вариантов компоновки пакетов выбрать компоновку для проектируемого шумозащитного жилета, в наибольшей степени удовлетворяющую требуемым условиям.

3.1 Организация многофакторного эксперимента

Эксперимент является активно-пассивным, так как частью его входных переменных можно управлять, и они независимы между собой, а значения остальных входных переменных можно только контролировать.

Активно-пассивный эксперимент сочетает в себе особенности как активного, так и пассивного типов экспериментов. Активный эксперимент позволяет быстрее и эффективнее решать задачи исследования, он предполагает возможность воздействия на ход процесса [144] и выбора в каждом опыте уровней факторов. При планировании активного эксперимента решается задача рационального выбора факторов, существенно влияющих на объект исследования, и определения соответствующего числа проводимых опытов. При активном эксперименте факторы управляемые и независимые. Соблюдение первого требования означает, что все комбинации факторов осуществимы, второго – возможность установления фактора на любом уровне независимо от уровней других факторов [145].

Задача планирования в пассивном эксперименте сводится к оптимальной организации сбора информации и решению таких вопросов, как

выбор количества и частоты измерений, выбор метода обработки результатов измерений. Пассивный эксперимент включает измерения метеорологических параметров: температуры, давления, скорости ветра, влажности и т.д., – в данной модели входным неконтролируемым параметром является температура окружающей среды.

Выявлена общая структура многофакторного эксперимента, которой необходимо придерживаться в дальнейшем.

Представление объекта основано на принципе «черного ящика». Имеем следующие группы параметров:

- управляющие (входные) X_i , являющиеся факторами;
- выходные параметры Y_i , являющиеся функциями отклика (совокупными факторами);
- W_i – возмущающие воздействия.

Предполагается, что возмущающие воздействия не поддаются контролю и являются случайными, или меняются во времени. Управляющие параметры X_i представляют собой переменные, которые можно изменять для управления выходными параметрами.

3.2 Описание планирования эксперимента для шумозащитного пакета материалов

Одними из основных задач при планировании эксперимента являются выбор параметра оптимизации и внешних факторов. Параметр оптимизации – это признак, по которому ведется оптимизация процесса. Данный параметр должен быть измерим при любой возможной комбинации выбранных уровней факторов. Очевидно, что в пределах сформулированных цели и задач исследований параметром оптимизации является величина снижения шума.

Важнейшей задачей при планировании эксперимента является определение существенных факторов, влияющих на шумозащитные свойства пакета материалов и отсеивание несущественных. В той или иной степени на исследуемые свойства оказывают влияние следующие параметры:

- количество слоев материала в пакете;
- толщина каждого из слоев материалов;
- физико-механические свойства материалов (плотность, пористость, гигроскопичность, воздухопроницаемость и др.)
- температура пакета материалов (в данном случае равная температуре окружающего воздуха);
- содержание влаги в пакете материалов;
- скорость и направление движения потока воздуха между источником шума и пакетом материалов.

Из перечисленных выше входных факторов следует исключить несущественные.

Проведенные ранее исследования установили влияние влажности материала на его шумозащитные свойства, однако при разработке математической модели данное влияние не учитывается, вследствие наличия влагоотталкивающего покрытия основного материала. Движение воздушных потоков (ветра) оказывает влияние на распространение звуковых волн в пространстве, но не влияет на шумозащитные характеристики материалов в пакете, соответственно данный климатический фактор также не использован в математическом моделировании.

Каждый материал обладает целым набором физико-механических свойств, однако эти свойства между собой тесно взаимосвязаны. При планировании эксперимента важно, чтобы факторы были независимыми, т.е. чтобы была возможность установления фактора на любом уровне вне зависимости от уровней других факторов. Чтобы обеспечить независимость внешних факторов, из всего перечня физико-механических свойств в математическом моделировании принимается во внимание только плотность

материала. В этом случае остальные физико-механические свойства принимаются как несущественные.

По результатам представленных выше экспериментальных исследований в качестве наиболее эффективного шумозащитного пакета материалов выбран пакет №7 (рисунок 2.23-2.24). Количество слоев материалов в данном пакете равно 5, каждый из которых имеет своё функциональное назначение:

- основной материал – звукоотражение, масло- и водоотталкивание;
- силиконовый слой – звукоотражение, звуко- и вибропоглощение;
- коверстат – звукоотражение, звуко- и вибропоглощение;
- петрофом – звуко- и вибропоглощение;
- иглопробивной – звукопоглощение.

Помимо указанных пяти слоев материалов присутствует (обязательный по СанПиН) подкладочный слой. Однако результаты проведенных ранее исследований показали низкие шумозащитные свойства образцов подкладочного материала (рисунок 2.3), вследствие чего данный слой в математическом моделировании не присутствует.

Материалы всех пяти слоев пакета №7 определены ранее. При этом, область определения толщины нулевого слоя существенно меньше области определения толщин остальных слоев. Вследствие этого, плотность только нулевого слоя принята в качестве переменного внешнего фактора.

Требуется, по результатам исследований звукозащитных свойств пакета, определить рациональные толщины каждого из слоев пакета, а также поверхностную плотность основного материала по результатам статистических исследований в форме спланированного эксперимента, при которых бы пакет максимально снижал уровень шума, проникающего через него.

В качестве входных параметров модели были предложены следующие:

- 1) толщина основного слоя S_0 , мм;

- 2) поверхностная плотность основного слоя ρ_0 , г/м²;
- 3) толщины слоёв материалов пакета S_1, S_2, S_3, S_4 , мм;
- 4) температура окружающего воздуха T , °С.

Параметром оптимизации модели (его также называют совокупным фактором или функцией отклика) является величина снижения шума $U_{ВСШ}$.

Следует отметить, что переменные $S_0, \rho_0, S_1, S_2, S_3, S_4$ являются управляемыми и независимыми, т.е. относительно этих переменных можно сформировать активный эксперимент. Однако переменная T не является управляемой, соответственно относительно этой переменной эксперимент является пассивным. Следовательно, исследуемая оптимизационная задача основывается на активно-пассивном эксперименте.

Объект исследования можно представить в виде структурной схемы, показанной на рисунке 3.1.

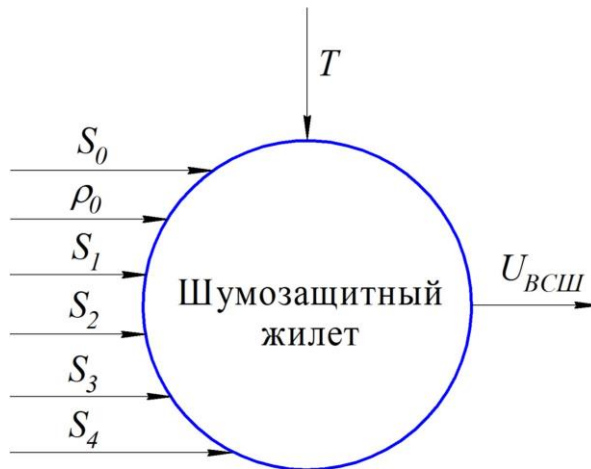


Рисунок 3.1 – Схема многофакторного эксперимента

Опишем математически ограничения задачи. Для нулевого слоя материала выполняются неравенства

$$0.5\text{мм} \leq S_0 \leq 1.5\text{мм}. \quad (3.1)$$

Указанная область определения толщины нулевого слоя включает в себя толщины образцов основного материала имеющих показатель величины снижения шума достаточный для их промышленного использования [86].

Толщины остальных четырех слоев материалов в пакете должны изменяться в гораздо большем диапазоне, который может быть ограничен только суммарной толщиной пакета материалов. Для определения толщины пакета материалов жилета проведено априорное ранжирование.

Для проведения ранжирования было приглашено 7 специалистов (экспертов), работающих в рассматриваемой отрасли промышленности. Было изготовлено 8 образцов жилетов различных по толщине (5 мм, 10 мм, 15 мм, 20 мм, 25 мм, 30 мм, 35 мм, 40 мм). В качестве модельного материала применялся петрофом, так как по комплексу своих свойств он в наибольшей степени приближен к выбранному пакету материалов для проектирования шумозащитного жилета. Эксперты, одетые в жилеты, выполняли движения характерные для операторов газораспределительной станции. После выполнения комплекса движений экспертам предлагалось оценить уровень комфорта для каждого образца жилета, для чего предлагалось заполнить анкету, в которой необходимо было определить место исследуемого образца жилета в ранжированном ряду. Оценки экспертов и результаты расчетов представлены в приложении 3. Анализ рассчитанного коэффициента конкордации и критерия Пирсона подтвердил наличие согласия мнений опрошенных экспертов. В результате установлено, что при увеличении толщины жилета более 25 мм экспертами отмечалось значительное снижение уровня комфорта при выполнении движений. Указанная толщина принята в качестве максимально возможной толщины проектируемого жилета, поскольку, увеличение толщины жилета более 25 мм негативно влияет на эргономику.

С учетом этого для всех слоёв пакета имеет место уравнение:

$$S_0 + S_1 + S_2 + S_3 + S_4 = 25 \text{ мм} . \quad (3.2)$$

Таким образом, рассматривается оптимизационная задача максимизации величины снижения шума $U_{\text{ВСШ}}$ при ограничениях (3.1), (3.2).

Диапазон изменения факторов $S_0, \rho_0, S_1, S_2, S_3, S_4, T$ или число значений, которые они могут принимать называются уровнями фактора.

Полный факторный эксперимент характеризуется тем, что при фиксированных возмущающих воздействиях W_i минимальное число уровней каждого фактора равно двум. В этом случае, зафиксировав все факторы $S_0, \rho_0, S_1, S_2, S_3, S_4, T$ кроме одного, необходимо провести два измерения, соответствующие двум уровням этого фактора. Последовательно осуществляя такую процедуру для каждого из факторов X_i , получим необходимое число N опытов в полном факторном эксперименте для реализации всех возможных сочетаний уровней факторов $N = 2^k$, где $k = 7$ - число факторов. Для рассматриваемой задачи $N = 2^7 = 128$ опытов. Такое количество опытов оказывается весьма дорогостоящим и технически неприемлемым, в связи с чем была предложена модель дробного факторного эксперимента [144] по $1/4$ - реплике вида 2^{7-2} . Соответственно, по четверть-реплике число опытов составит $2^5 = 32$ вместо 128.

Каждый из факторов $S_0, \rho_0, S_1, S_2, S_3, S_4, T$ имеет диапазон изменения, который был установлен до проведения эксперимента.

Для фактора S_0 интервал изменения описывается неравенствами (3.1).

На шумозащитные свойства материала влияет его объемная плотность. Поскольку переход от поверхностной плотности к объемной осуществляется в одно математическое действие, то при математическом моделировании использована поверхностная плотность материала как наиболее широко распространенное понятие, а в итоговую математическую зависимость затем целесообразно подставить объемную плотность взамен поверхностной.

Использование поверхностной плотности материала в математическом моделировании не представляет затруднений поскольку, во-первых, при разработке математической модели входным переменным фактором

является плотность только основного материала, а во-вторых, его толщина варьируется в достаточно узком диапазоне 0,5...1,5 мм.

В соответствии с ГОСТ 3811-72 поверхностная плотность ткани или штучного изделия определяется как масса ткани, полотна или штучного изделия площадью 1 м². Следовательно, поверхностная плотность напрямую зависит от толщины материала, однако при планировании эксперимента внешние факторы определены как независимые. Отсутствие зависимости поверхностной плотности от толщины материала можно обеспечить использованием в эксперименте основных материалов, как с различной поверхностной плотностью, так и различных по толщине.

Поверхностная плотность основного материала ρ_0 согласно проведенным выше исследованиям изменяется в диапазоне

$$200 \text{ г/м}^2 \leq \rho_0 \leq 400 \text{ г/м}^2. \quad (3.3)$$

Диапазоны изменения толщин слоёв S_1, S_2, S_3, S_4 определяются из уравнения (3.2) с учётом неравенства (3.1) и неотрицательных значений толщины каждого слоя

$$0 \leq S_1, S_2, S_3, S_4 \leq 24,5 \text{ мм}. \quad (3.4)$$

Интервал изменения температуры воздуха T был также установлен на основе натуральных исследований изменения значений параметра оптимизации $U_{\text{шум}}$ в разное время года.

Влияние температуры на шумозащитные свойства материалов приводит к необходимости ее учета при разработке математической модели.

Изменения температуры воздуха T были установлены в диапазоне

$$-30 \text{ }^\circ\text{C} \leq T \leq 5 \text{ }^\circ\text{C}. \quad (3.5)$$

Комбинацию факторов можно представить как точку в семимерном пространстве, характеризующую состояние системы. Таких точек для модели Бокса по плану дробнофакторного эксперимента 2^{7-2} будет 32 в вершинах куба, и еще три повторных опыта будет проведено в центре плана Бокса на

основном уровне (для средних значений каждой из переменных). Для каждой переменной среднее значение определяется по формуле:

$$X_i^0 = \frac{X_i^{\max} + X_i^{\min}}{2}, i = 1, 2, \dots, 7, \quad (3.6)$$

где $X_1 = S_0, X_2 = \rho_0, X_3 = S_1, X_4 = S_2, X_5 = S_3, X_6 = S_4, X_7 = T$;

X_i^{\min}, X_i^{\max} – соответственно минимальное и максимальное значения каждого из факторов $X_i, i = 1, 2, \dots, 7$, определяемые неравенствами (3.1), (3.3 3.5).

Для построения плана эксперимента необходимо выбрать основной уровень и интервал варьирования управляющих параметров ρ, T, S .

Для каждого из факторов $X_i, i = 1, 2, \dots, 7$ интервал варьирования можно определить по формуле:

$$I_i = \frac{X_i^{\max} - X_i^{\min}}{2}, i = 1, 2, \dots, 7. \quad (3.7)$$

Для упрощения планирования эксперимента принято вместо реальных (натуральных) уровней X_i использовать кодированные значения факторов. Для факторов с непрерывной областью определения это можно сделать при помощи следующего преобразования:

$$x_i = \frac{X_i - X_i^0}{I_i}, i = 1, 2, \dots, 7. \quad (3.8)$$

В результате x_i принимает значения на границах -1 и 1, на основном уровне $x_i = 0$. Основная проблема состоит в выборе области варьирования, поскольку эта задача является неформализованной [144], однако этот вопрос уже решен выше.

Для решения задачи минимизации шума при условиях (3.1) и (3.2) составим план дробного факторного эксперимента по $\frac{1}{4}$ -реплике вида 2^{7-2} .

Для выбора плана эксперимента определим первые пять факторов как базисные переменные так же, как это происходит для полнофакторного

эксперимента, т.е. первые пять столбцов будут состоять из $2^5 = 32$ элементов и обладать свойствами симметричности, нормировки и ортогональности.

Симметричность плана относительно центра эксперимента означает, что алгебраическая сумма элементов вектор - столбца каждого фактора равна нулю. Условие нормировки означает, что сумма квадратов элементов каждого столбца равна числу опытов. Свойство ортогональности плана означает, что скалярное произведение двух различных вектор - столбцов плана равно нулю. Эти свойства можно будет легко проверить на матрице планирования, представленной в таблице 3.1.

Для построения шестого и седьмого вектор - столбцов плана эксперимента использованы две четверть - реплики, построенные на основе определяющих контрастов. Определяющим контрастом называется произведение переменных, равное единице, например

$$x_1 x_2 x_3 x_4 x_6 = 1, \quad (3.9)$$

или
$$x_1 x_2 x_3 x_4 x_5 x_7 = 1. \quad (3.10)$$

Так как всегда $x_6^2 = 1$, то из (3.9) следует равенство

$$x_1 x_2 x_3 x_4 = x_6, \quad (3.11)$$

которое называется генерирующим соотношением [156]. Так как в произведении определяющего контраста (3.9) участвуют пять переменных, то $1/4$ - реплика (3.11) обладает разрешающей способностью «пять», т.е. с переменной x_6 , определенной в плане эксперимента по формуле (3.11), не будут смешиваться эффекты первого x_i и второго $x_i x_j, i \neq j$ порядков.

Из (3.10) следует генерирующее соотношение

$$x_1 x_2 x_3 x_4 x_5 = x_7, \quad (3.12)$$

обладающее разрешающей способностью «шесть», и с переменной x_7 не будут смешиваться эффекты первого x_i и второго $x_i x_j, i \neq j$ порядков.

Описаны входные параметры (факторы) оптимизационной задачи, их уровни и интервалы варьирования. Уровни и интервалы варьирования

входных факторов модели в кодированных и в соответствующих им реальных переменных представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Уровни и интервалы варьирования факторов

Факторы	Уровни варьирования			Интервалы варьирования, I_i
	$x_i = -1$	$x_i = 0$	$x_i = 1$	
Толщина основного слоя S_0 , мм	0,5	1	1,5	1
Плотность основного слоя S_0 , г/м ²	200	300	400	200
Толщина первого слоя S_1 , мм	0	12,25	24,5	24,5
Толщина второго слоя S_2 , мм	0	12,25	24,5	24,5
Толщина третьего слоя S_3 , мм	0	12,25	24,5	24,5
Толщина четвертого слоя S_4 , мм	0	12,25	24,5	24,5
Температура воздуха T , град С	-30	-17,5	5	35

Составлена таблица эксперимента в кодированных переменных по плану Бокса – Уилсона. Для этого в качестве небазисных переменных выбраны генерирующие соотношения по формулам (3.9), (3.10) и применены при построении матрицы планирования.

Матрица планирования эксперимента в кодированных переменных представлена в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Матрица планирования в кодированных переменных

№ опыта	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	Величина снижения, шума, $U_{\text{всш}}$, дБ
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	–	–	–	–	–	+	–	33,8
2	–	–	–	–	+	+	+	38,7
3	–	–	–	+	–	–	+	33,9
4	–	–	–	+	+	–	–	35,5
5	–	–	+	–	–	–	+	36,6
6	–	–	+	–	+	–	–	38,4
7	–	–	+	+	–	+	–	41,7
8	–	–	+	+	+	+	+	43,0
9	–	+	–	–	–	–	+	37,9
10	–	+	–	–	+	–	–	36,1

продолжение таблицы 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
11	–	+	–	+	–	+	–	38,6
12	–	+	–	+	+	+	+	44,0
13	–	+	+	–	–	+	–	46,9
14	–	+	+	–	+	+	+	47,0
15	–	+	+	+	–	–	+	45,8
16	–	+	+	+	+	–	–	45,8
17	+	–	–	–	–	–	+	35,1
18	+	–	–	–	+	–	–	39,5
19	+	–	–	+	–	+	–	40,0
20	+	–	–	+	+	+	+	40,6
21	+	–	+	–	–	+	–	33,5
22	+	–	+	–	+	+	+	40,7
23	+	–	+	+	–	–	+	38,8
24	+	–	+	+	+	–	–	38,8
25	+	+	–	–	–	+	–	40,1
26	+	+	–	–	+	+	+	45,0
27	+	+	–	+	–	–	+	36,8
28	+	+	–	+	+	–	–	37,2
29	+	+	+	–	–	–	+	40,1
30	+	+	+	–	+	–	–	41,1
31	+	+	+	+	–	+	–	46,9
32	+	+	+	+	+	+	+	47,0
33	0	0	0	0	0	0	0	36,9
34	0	0	0	0	0	0	0	36,6
35	0	0	0	0	0	0	0	36,4

Величина снижения, шума $U_{\hat{A}\hat{N}\hat{\theta}}$, указанная в последнем столбце таблицы 3.2, представлена в реальных переменных.

Соответственно, из таблицы 3.2 по формулам (3.6) – (3.8), учитывая (3.1) – (3.5), представлена матрица планирования в реальных переменных.

Таблица 3.3 – Матрица планирования в реальных переменных

№ опыта	Толщина $S_0, мм$	Поверх. плотн. $\rho_0, г/м^2$	Толщина $S_1, мм$	Толщина $S_2, мм$	Толщина $S_3, мм$	Толщина $S_4, мм$	t воздуха, град С	Величина снижения, шума, $U_{всш}$, дБ
1	0,5	200	0	0	0	24,5	-30	33,8
2	0,5	200	0	0	24,5	24,5	5	38,7
3	0,5	200	0	24,5	0	0	5	33,9
4	0,5	200	0	24,5	24,5	0	-30	35,5
5	0,5	200	24,5	0	0	0	5	36,6
6	0,5	200	24,5	0	24,5	0	-30	38,4
7	0,5	200	24,5	24,5	0	24,5	-30	41,7
8	0,5	200	24,5	24,5	24,5	24,5	5	43,0
9	0,5	400	0	0	0	0	5	37,9
10	0,5	400	0	0	24,5	0	-30	36,1
11	0,5	400	0	24,5	0	24,5	-30	38,6
12	0,5	400	0	24,5	24,5	24,5	5	44,0
13	0,5	400	24,5	0	0	24,5	-30	46,9
14	0,5	400	24,5	0	24,5	24,5	5	47,0
15	0,5	400	24,5	24,5	0	0	5	45,8
16	0,5	400	24,5	24,5	24,5	0	-30	45,8
17	1,5	200	0	0	0	0	5	35,1
18	1,5	200	0	0	24,5	0	-30	39,5
19	1,5	200	0	24,5	0	24,5	-30	40,0
20	1,5	200	0	24,5	24,5	24,5	5	40,6
21	1,5	200	24,5	0	0	24,5	-30	33,5
22	1,5	200	24,5	0	24,5	24,5	5	40,7
23	1,5	200	24,5	24,5	0	0	5	38,8
24	1,5	200	24,5	24,5	24,5	0	-30	38,8
25	1,5	400	0	0	0	24,5	-30	40,1
26	1,5	400	0	0	24,5	24,5	5	45,0
27	1,5	400	0	24,5	0	0	5	36,8
28	1,5	400	0	24,5	24,5	0	-30	37,2
29	1,5	400	24,5	0	0	0	5	40,1
30	1,5	400	24,5	0	24,5	0	-30	41,1
31	1,5	400	24,5	24,5	0	24,5	-30	46,9
32	1,5	400	24,5	24,5	24,5	24,5	5	47,0
33	1	300	12,25	14	14	14	-12,5	36,9
34	1	300	12,25	14	14	14	-12,5	36,6
35	1	300	12,25	14	14	14	-12,5	36,4

Входные факторы таблицы 3.3 являлись основными переменными, по которым проводились опыты. В результате проведения вышеописанных 35 опытов и была сформирована таблица 3.3 и последний столбец таблицы 3.2.

На основании данных таблицы 3.1 по формулам (3.6), (3.7) описана связь между реальными переменными и кодированными:

$$\begin{aligned} S_0 &= 1 + \frac{x_1}{2}; \rho_0 = 300 + 100x_2; S_1 = 12,25 + 12,25x_3; S_2 = 12,25 + 12,25x_4; \\ S_3 &= 12,25 + 12,25x_5; S_4 = 12,25 + 12,25x_6; T = -12,5 + 17,5x_7. \end{aligned} \quad (3.13)$$

Целью планирования эксперимента является построение регрессионной зависимости

$$M(\hat{Y}) = f(\bar{X}; \bar{\beta}), \quad (3.14)$$

где: \hat{Y} – среднее по выборке функции отклика Y ;

$M(\hat{Y})$ – математическое ожидание среднего \hat{Y} ;

$\bar{X} = (S_0; \rho_0; S_1; S_2; S_3; S_4; T)$ – вектор входных параметров модели;

$\bar{\beta} = (\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots)$ – вектор коэффициентов регрессии.

Вид зависимости (3.14) определяется из условия адекватности модели, описывающей поведение объекта. Линейная модель (полином первой степени) не является адекватной эксперименту, в соответствии с этим модель (3.14) рассматривается в виде полинома второй степени, учитывающего, согласно дробно-факторному эксперименту (ДФЭ) только парные взаимодействия

$$\begin{aligned} f_1(\bar{X}; \bar{\beta}) &= \beta_0 + \beta_1 S_0 + \beta_2 \rho_0 + \beta_3 S_1 + \beta_4 S_2 + \beta_5 S_3 + \beta_6 S_4 + \beta_7 T + \beta_8 S_0 \cdot \rho_0 + \\ &+ \beta_9 S_0 S_1 + \beta_{10} S_0 S_2 + \beta_{11} S_0 S_3 + \beta_{12} S_0 S_4 + \beta_{13} S_0 T + \beta_{14} \rho_0 S_1 + \beta_{15} \rho_0 S_2 + \\ &+ \beta_{16} \rho_0 S_3 + \beta_{17} \rho_0 S_4 + \beta_{18} \rho_0 T + \beta_{19} S_1 S_2 + \beta_{20} S_1 S_3 + \beta_{21} S_1 S_4 + \beta_{22} S_1 T + \\ &+ \beta_{23} S_2 S_3 + \beta_{24} S_2 S_4 + \beta_{25} S_2 T + \beta_{26} S_3 S_4 + \beta_{27} S_3 T + \beta_{28} S_4 T. \end{aligned} \quad (3.15)$$

Следует отметить, что математическая модель строится на основе активно-пассивного эксперимента, т.к. переменная «температура окружающего воздуха» T не является управляемой. Взаимодействия факторов $S_2 T, S_3 T, S_4 T$ мало влияют на модель (звукозащитные свойства

внутренних слоев пакета слабо зависят от внешней температуры), соответственно эти взаимодействия исключены из модели (3.15)

$$\begin{aligned}
 f_1(\bar{X}; \bar{\beta}) = & \beta_0 + \beta_1 S_0 + \beta_2 \rho_0 + \beta_3 S_1 + \beta_4 S_2 + \beta_5 S_3 + \beta_6 S_4 + \beta_7 T + \\
 & + \beta_8 S_0 \cdot \rho_0 + \beta_9 S_0 S_1 + \beta_{10} S_0 S_2 + \beta_{11} S_0 S_3 + \beta_{12} S_0 S_4 + \beta_{13} S_0 T + \\
 & + \beta_{14} \rho_0 S_1 + \beta_{15} \rho_0 S_2 + \beta_{16} \rho_0 S_3 + \beta_{17} \rho_0 S_4 + \beta_{18} \rho_0 T + \beta_{19} S_1 S_2 + \\
 & + \beta_{20} S_1 S_3 + \beta_{21} S_1 S_4 + \beta_{22} S_1 T + \beta_{23} S_2 S_3 + \beta_{24} S_2 S_4 + \beta_{25} S_3 S_4.
 \end{aligned} \tag{3.16}$$

Таким образом, модель (3.15) представлена в более простом виде. Аналогично модели (3.16) составлено уравнение регрессии в кодированных переменных, переход к кодированным переменным реализуется по формулам (3.13)

$$\begin{aligned}
 U_{ВСШ} = & a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3 + a_4 x_4 + a_5 x_5 + a_6 x_6 + a_7 x_7 + \\
 & + a_8 x_1 x_2 + a_9 x_1 x_3 + a_{10} x_1 x_4 + a_{11} x_1 x_5 + a_{12} x_1 x_6 + a_{13} x_1 x_7 + \\
 & + a_{14} x_2 x_3 + a_{15} x_2 x_4 + a_{16} x_2 x_5 + a_{17} x_2 x_6 + a_{18} x_2 x_7 + a_{19} x_3 x_4 + \\
 & + a_{20} x_3 x_5 + a_{21} x_3 x_6 + a_{22} x_3 x_7 + a_{23} x_4 x_5 + a_{24} x_4 x_6 + a_{25} x_5 x_6.
 \end{aligned} \tag{3.17}$$

Модели (3.16) и (3.17) являются базовыми для нахождения уравнений регрессии по экспериментальным данным (матрицам планирования, таблицы 3.2 и 3.3), необходимых для решения оптимизационной задачи по проектированию сэндвича шумозащиты.

3.3 Построение уравнения квадратичной регрессии, описывающей параметр оптимизации величины снижения шума

Все расчеты для решения оптимизационной задачи проводились с помощью пакета прикладных математических программ Maple 9.5. В этой среде были введены данные матрицы планирования из таблицы 3.2, и с помощью типовых команд пакета с расширением «stats» получено уравнение квадратичной регрессии

$$\begin{aligned}
U_{\text{ВСШ}} = & 39,85 - 0,078x_1 + 2,116x_2 + 1,853x_3 + 0,747x_4 + 0,997x_5 + \\
& + 1,566x_6 + 0,534x_7 - 0,416x_1x_2 - 1,066x_1x_3 - 0,059x_1x_4 + \\
& + 0,166x_1x_5 + 0,084x_1x_6 - 0,097x_1x_7 + 0,953x_2x_3 - 0,253x_2x_4 - \\
& - 0,366x_2x_5 + 0,603x_2x_6 + 0,147x_2x_7 + 0,722x_3x_4 - 0,278x_3x_5 - \\
& - 0,234x_3x_6 - 0,166x_3x_7 + 0,409x_4x_5 + 0,259x_4x_6 + 0,197x_5x_6.
\end{aligned} \quad (3.18)$$

Проверим модель (18) на адекватность эксперименту по критерию Фишера [145]. Приведем схему проверки статистической гипотезы о значимости зависимости (18) по критерию Фишера.

Найдем сумму квадратов отклонений значений функции $U_{\text{СШШ}}(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7)$ от среднего для результирующего фактора $U_{\text{СШШ}}$ по формуле:

$$Q_{R,U_{\text{ВСШ}}} = \sum_{k=1}^n \left(U_{\text{ВСШ}}(x_{1,k}; x_{2,k}; x_{3,k}; x_{4,k}; x_{5,k}; x_{6,k}; x_{7,k}) - \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n U_{\text{ВСШ},k} \right)^2, \quad (3.19)$$

где: k – номер опыта из таблицы 3.2 с соответствующими опытными значениями $x_{i,k}$, $i = 1, 2, \dots, 7$; $k = 1, 2, \dots, 20$;

$U_{\text{ВСШ},k}$ – опытные значения величины снижения шума;

$U_{\text{ВСШ}}(x_{1,k}; x_{2,k}; x_{3,k}; x_{4,k}; x_{5,k}; x_{6,k}; x_{7,k})$ – теоретические значения величины снижения шума, рассчитанные из уравнения регрессии;

$n = 35$ – количество проведенных опытов по плану Бокса – Уилсона.

Остаточная сумма квадратов, характеризующая влияние неучтенных факторов, вычисляется по формуле

$$Q_{e,U_{\text{ВСШ}}} = \sum_{k=1}^n (U_{\text{ВСШ}}(x_{1,k}; x_{2,k}; x_{3,k}; x_{4,k}; x_{5,k}; x_{6,k}; x_{7,k}) - U_{\text{ВСШ},k})^2. \quad (3.20)$$

Наблюдаемое значение статистики критерия Фишера определяется по формуле

$$F_{\text{набл}} = \frac{Q_{R,U_{\text{ВСШ}}} \cdot (n - m)}{Q_{e,U_{\text{ВСШ}}} \cdot (m - 1)}, \quad (3.21)$$

где $m = 26 + 1 = 27$ – число оцениваемых параметров модели.

Уравнение значимо на уровне α , если фактически наблюдаемое значение статистики подчиняется условию:

$$F_{\text{набл}} > F_{(\alpha; k_1; k_2)}, \quad (3.22)$$

где α – уровень значимости критерия,

$F_{(\alpha; k_1; k_2)}$ – табличное значения критерия Фишера, определенное на уровне α и при $k_1 = m - 1$ и $k_2 = n - m$ степенях свободы.

Уровнем значимости α статистического критерия называется вероятность совершения ошибки первого рода. Ошибкой первого рода называется отвержение правильной нулевой (основной) гипотезы в пользу альтернативной гипотезы при условии, что нулевая гипотеза верна.

Величина уровня значимости принимается равной $\alpha = 0,05 = 5\%$, либо $\alpha = 0,01 = 1\%$.

Для проверки значимости уравнения (3.18) вычислена сумма квадратов отклонений значений для модельной зависимости от выборочного среднего для фактора $U_{\text{ВСШ}}$ по формуле (3.19) с помощью Maple

$$Q_{R, U_{\text{ВСШ}}} = 512,2. \quad (3.23)$$

Остаточная сумма квадратов, характеризующая влияние неучтенных факторов, равна

$$Q_{e, U_{\text{ВСШ}}} = 19,13. \quad (3.24)$$

Значение статистики критерия Фишера равно

$$F_{\text{набл}} = 8,238. \quad (3.25)$$

Табличное значение критерия на уровне значимости $\alpha = 0,05$ и при степенях свободы $k_1 = 26$, $k_2 = 8$ равно

$$F_{(\alpha=0,05; 26; 8)} = 2,32. \quad (3.26)$$

Табличное значение критерия на уровне значимости $\alpha = 0.01$ и при $k_1 = 26$, $k_2 = 8$ равно

$$F_{(\alpha=0,01; 26; 8)} = 3.29. \quad (3.27)$$

Так как и на уровне значимости $\alpha = 0,05$, и на уровне $\alpha = 0,01$ выполняются неравенства

$$F_{\text{набл}} > F_{(\alpha; k_1; k_2)}, \quad (3.28)$$

то гипотеза о квадратичной зависимости между результирующим фактором $U_{\text{ВСШ}}$ и входными факторами модели $S_0, \rho_0, S_1, S_2, S_3, S_4, T$ статистически значима, как на уровне $\alpha = 0.05$, так и на уровне $\alpha = 0.01$, соответственно гипотеза о зависимости (3.18) принимается как правдоподобная.

Проверены гипотезы о значимости каждого из коэффициентов a_0, a_1, \dots, a_{25} модельной зависимости (3.18), где проверка проводится по t -критерию Стьюдента [146]. Для проверки гипотезы о значимости коэффициента $a_i, i = 1, 2, \dots, 25$, построен симметричный относительно нуля доверительный интервал $(-\Delta U_{\text{ВСШ}}; \Delta U_{\text{ВСШ}})$ с правой границей:

$$\Delta_{U_{\text{ВСШ}}} = \frac{t(\alpha; n-m-1) \sqrt{Q_{e, U_{\text{ВСШ}}}}}{\sqrt{n}}, \quad (3.29)$$

где $t(\alpha; n-m-1)$ – критическая точка распределения Стьюдента на уровне значимости α при $n-m-1$ степенях свободы.

Если модуль коэффициента β_i больше $\Delta_{U_{\text{ВСШ}}}$, то согласно правилу проверки гипотезы коэффициент β_i является значимым для модели (3.18) то есть влияние слагаемого в (3.18), содержащего коэффициент β_i существенно для модели. В противном случае (если $\beta_i \leq \Delta_{U_{\text{ВСШ}}}$) коэффициент β_i является незначимым и влиянием соответствующего слагаемого модели можно пренебречь.

На уровне значимости $\alpha = 0,05$ при $n-m-1 = 8$ по таблице критических точек распределения Стьюдента вычислено значение

$$t(\alpha = 0,05; 8) = 2,306. \quad (3.30)$$

Правая граница доверительного интервала равна

$$\Delta_Y = \frac{2,306 \cdot \sqrt{19,13}}{\sqrt{35}} = 1,705. \quad (3.31)$$

Сравнивая модули коэффициентов модели (3.18) со значением $\Delta_{U_{\hat{A}\hat{N}\hat{\emptyset}}}$ установили, что статистически значимыми факторами являются только факторы x_2 и x_3 . Влияние этих факторов на параметр оптимизации U положительное, то есть с возрастанием значений факторов x_2 и x_3 возрастают и значения результирующего фактора величины снижения шума $U_{\hat{A}\hat{N}\hat{\emptyset}}$. Следует отметить, что влияние факторов x_4, x_5, x_6, x_7 также положительное, но значения коэффициентов при этих переменных указывают на относительно слабое влияние этих факторов на результирующий фактор.

Для нахождения зависимости параметра оптимизации от входных параметров модели в реальных переменных проведены обратные преобразования к (3.13)

$$\begin{aligned} x_1 &= 2(S_0 - 1); & x_2 &= \frac{\rho_0 - 300}{100}; & x_3 &= \frac{S_1 - 12,25}{12,25}; & x_4 &= \frac{S_2 - 12,25}{12,25}; \\ x_5 &= \frac{S_3 - 12,25}{12,25}; & x_6 &= \frac{S_4 - 12,25}{12,25}; & x_7 &= \frac{T + 12,5}{17,5}. \end{aligned} \quad (3.32)$$

Пользуясь формулами (3.32), получим зависимость в форме (3.16)

$$\begin{aligned} U_{BCIII} &= 27,59 + 3,949S_0 + 0,0211\rho_0 + 0,065S_1 + 0,0745S_2 + 0,2S_3 + \\ &+ 0,0357S_4 + 0,0371T - 0,0083S_0 \cdot \rho_0 - 0,174S_0S_1 - 0,0097S_0S_2 + \\ &+ 0,027S_0S_3 + 0,014S_0S_4 - 0,011S_0T + 0,00078\rho_0S_1 - 0,0002\rho_0S_2 - \\ &- 0,0003\rho_0S_3 + 0,0005\rho_0S_4 + 0,00008\rho_0T + 0,0048S_1S_2 - 0,0018S_1S_3 - \\ &- 0,0016S_1S_4 - 0,0008S_1T - 0,0027S_2S_3 + 0,0017S_2S_4 - 0,0009S_3S_4. \end{aligned} \quad (3.33)$$

Зависимость (3.33) является основной, определяющей зависимость величины снижения шума 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 (3.33) в зависимости от объемной плотности

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

Однако на области эксперимента (таблица 3.3) невозможно найти максимум функции $U_{ВСШ} = U_{ВСШ}(S_0, \rho_0, S_1, S_2, S_3, S_4, T)$ по двум причинам:

- переменная T не является регулируемой;
- в вершинах плана эксперимента условие (3.2) не выполняется.

Для нахождения оптимума функции $U_{ВСШ}$ рассмотрен вопрос об определении понятия оптимума в модели, содержащей неуправляемую переменную.

3.4 Определение параметра оптимизации в области регулируемых входных параметров плана эксперимента

В натуральных исследованиях отсутствует возможность контролировать значения температуры воздуха. При этом моделирование пакета одежды предполагает определение таких значений управляемых факторов $S_0, \rho_0, S_1, S_2, S_3, S_4$, для которых величина снижения шума $U_{ВСШ}$ была наибольшей при всех допустимых значениях температуры. Таким образом, по переменной T следует искать минимум функции

$$U_{ВСШ} = U_{ВСШ}(S_0, \rho_0, S_1, S_2, S_3, S_4, T) \xrightarrow{T \in [-30; 5]} \min, \quad (3.34)$$

на плане эксперимента, а затем для зависимости (3.34) определять максимум по переменным $S_0, \rho_0, S_1, S_2, S_3, S_4$.

Для нахождения минимума функции (3.33) при $T \in [-30; 5]$ найдена её производная

$$\frac{dU_{ВСШ}}{dT} = 0,001 \cdot (37,143 - 11,071S_0 + 0,084\rho_0 - 0,773S_1 - 0,918S_2). \quad (3.35)$$

Следует доказать, что знак производной (3.35) при ограничениях (3.1) – (3.3) будет всегда положителен. Для этого решена следующая задача:

определен минимум целевой функции

$$g = 37,143 - 11,071S_0 + 0,084\rho_0 - 0,773S_1 - 0,918S_2 \rightarrow \min \quad (3.36)$$

при ограничениях

$$\begin{cases} 0,5 \leq S_0 \leq 1,5; \\ 200 \leq \rho_0 \leq 400; \\ S_0 + S_1 + S_2 + S_3 + S_4 = 25; \\ S_0, S_1, S_2, S_3, S_4 \geq 0. \end{cases} \quad (3.37)$$

Задача (3.36), (3.37) является задачей линейного программирования.

В среде математического пакета Maple 9.5 имеется расширение «simplex» для решения задач линейного программирования. С помощью пакета получено решение оптимизационной задачи (3.36), (3.37):

минимум целевой функции g достигается в точке

$$A(S_0 = 1,5; \rho_0 = 200; S_1 = 0; S_2 = 23,5; S_3 = 0; S_4 = 0); \quad (3.38)$$

значение минимума в точке A для функции g равно

$$g(A) = 15,74 > 0. \quad (3.39)$$

Из (3.39) следует, что $\frac{dU_{ВСШ}}{dT} > 0$ при ограничениях (3.1) – (3.5). В таком

случае функция $U_{ВСШ} = U_{ВСШ}(S_0, \rho_0, S_1, S_2, S_3, S_4, T)$ монотонно возрастает по переменной $T \in [-30; 5]$ на допустимом множестве решений, соответственно наименьшее значение она принимает в точке $T = -30$

$$\begin{aligned}
U_{\text{всш}}(S_0, \rho_0, S_1, S_2, S_3, S_4, -30) = \mu(S_0, \rho_0, S_1, S_2, S_3, S_4) = & 26,47 + 4,28S_0 + \\
& + 0,019\rho_0 + 0,088S_1 + 0,1S_2 + 0,2S_3 - 0,036S_4 - 0,0083S_0\rho_0 - 0,174S_0S_1 - \\
& - 0,0097S_0S_2 + 0,027S_0S_3 + 0,014S_0S_4 + 0,00078\rho_0S_1 - 0,0002\rho_0S_2 - \\
& - 0,0003\rho_0S_3 + 0,0005\rho_0S_4 + 0,0048S_1S_2 - 0,0019S_1S_3 - 0,0016S_1S_4 - \\
& - 0,0027S_2S_3 + 0,0017S_2S_4.
\end{aligned} \tag{3.40}$$

Таким образом, для нахождения максимума функции $U_{\text{всш}} = U_{\text{всш}}(S_0, \rho_0, S_1, S_2, S_3, S_4, T)$ при любой допустимой по плану эксперимента температуре достаточно найти максимум для функции $\mu = \mu(S_0, \rho_0, S_1, S_2, S_3, S_4)$. Значение оптимума для функции (3.40) при условиях (3.37) будет также являться и решением задачи по определению максимальной величины снижения шума.

3.5 Нахождение максимального значения величины снижения шума

Как было отмечено выше, для определения максимального значения величины снижения шума достаточно найти максимум функции (3.40) при ограничениях (3.37). Такая задача является типовой для подбиблиотеки пакета Maple 9.5 с расширением «optimizaton». Пользуясь командами этой подбиблиотеки, получили следующий результат:

максимум функции (3.40) достигается в точке

$$B(S_0 = 0,5; \rho_0 = 400; S_1 = 24,5; S_2 = 0; S_3 = 0; S_4 = 0), \tag{3.41}$$

значение функции (3.40) в точке максимума равно

$$\mu(B) = 42,06 \text{ (дБ)}. \tag{3.42}$$

Следует отметить, что толщины второго, третьего и четвертого слоев материалов оказались равны нулю, что не соответствует практическим потребностям по проектированию сэндвича.

Необходимость наличия второго, третьего и четвертого технологических слоёв пакета возникла в результате того, что в практической деятельности возникает необходимость наряду с оптимизацией

шумозащиты также учитывать и другие технологические требования. Пакет должен:

- 1) быть достаточно прочным;
- 2) быть достаточно гибким;
- 3) обладать теплоизоляционными свойствами;
- 4) защищать от внешнего химического воздействия;
- 5) защищать от внешнего физического воздействия;
- 6) обладать свойством вибродемпфирования;
- 7) внутренние слои материалов пакета должны обладать химической стойкостью к потовым выделениям.

Вышеуказанные требования накладывают дополнительные ограничения на поведение функции (3.40). Эти условия предлагается учитывать по «методу штрафов», т.е. рассматривается функция вида

$$\begin{aligned} \mu - M = & 26,47 + 4,28S_0 + 0,019\rho_0 + 0,088S_1 + 0,1S_2 + 0,2S_3 - 0,036S_4 - \\ & - 0,0083S_0\rho_0 - 0,174S_0S_1 - 0,0097S_0S_2 + 0,027S_0S_3 + 0,014S_0S_4 + \\ & + 0,00078\rho_0S_1 - 0,0002\rho_0S_2 - 0,0003\rho_0S_3 + 0,0005\rho_0S_4 + 0,0048S_1S_2 - \\ & - 0,0019S_1S_3 - 0,0016S_1S_4 - 0,0027S_2S_3 + 0,0017S_2S_4 - b_1(S_0 - 1)^2 - \\ & - b_2(\rho_0 - 300)^2 - b_3(S_1 - 6)^2 - b_4(S_2 - 6)^2 - b_5(S_3 - 6)^2 - b_6(S_4 - 6)^2. \end{aligned} \quad (3.43)$$

Таким образом, для выполнения условий 1) – 7) предлагается к целевой функции добавить «штрафную функцию»

$$\begin{aligned} M = & b_1(S_0 - 1)^2 + b_2(\rho_0 - 300)^2 + b_3(S_1 - 6)^2 + \\ & + b_4(S_2 - 6)^2 + b_5(S_3 - 6)^2 + b_6(S_4 - 6)^2. \end{aligned} \quad (3.44)$$

Вид функции (3.44) был определен из условия, что эта функция равна нулю в «центре» возможных параметров модели, удовлетворяющих условиям (3.37). Из условия $0,5 \leq S_0 \leq 1,5$ центр рассеяния значений параметров по переменной $S_0 = 1$, тогда из условия $S_0 + S_1 + S_2 + S_3 + S_4 = 25$ следует, что

$$S_1 + S_2 + S_3 + S_4 = 24, \quad (3.45)$$

отсюда $S_1 = S_2 = S_3 = S_4 = 6$ – центры рассеяния толщин остальных слоёв пакета. Значения коэффициентов b_1, b_2, \dots, b_6 должны быть достаточно малы, настолько, чтобы значения компромиссного оптимума сравнительно мало (с точки зрения практики) отличались от значения оптимума (3.42), достигнутого в формализованной задаче (3.36), (3.37). Задача поиска оптимальных параметров пакета шумозащиты, удовлетворяющей условиям 1) – 7) не является формализованной. Для такой задачи речь может идти об обобщенном критерии оптимизации. Целевой функцией такого обобщенного критерия предложено выбрать функцию (3.43). Коэффициенты M – функции b_1, b_2, \dots, b_6 предложено выбрать в таком виде, чтобы толщины каждого слоя находились в пределах практических потребностей с точки зрения условий 1) – 7).

С помощью моделирования параметров b_1, b_2, \dots, b_6 получена следующая функция M :

$$M = 0,1 \cdot (S_0 - 1)^2 + 0,00005 \cdot (\rho_0 - 300)^2 + 0,003 \cdot (S_1 - 6)^2 + 0,04 \cdot (S_2 - 6)^2 + 0,027 \cdot (S_3 - 6)^2 + 0,0084 \cdot (S_4 - 6)^2. \quad (3.46)$$

С помощью подбиблиотеки пакета Maple 9.5 с расширением «optimization» получено значение оптимума для обобщенного параметра оптимизации, которое достигается в точке

$$C(S_0 = 0,5; \rho_0 = 400; S_1 = 18,267; S_2 = 4,027; S_3 = 2,206; S_4 = 0). \quad (3.47)$$

Значение этого оптимума, который также называют компромиссным оптимумом, равно

$$U_{\text{компр}} = \mu(C) - M(C) = 38,81 \text{ (дБ)}. \quad (3.48)$$

При этом значение обобщенного параметра оптимизации для целевой функции $\mu = \mu(S_0, \rho_0, S_1, S_2, S_3, S_4)$, а следовательно и для целевой функции $U_{\text{ВСШ}} = U_{\text{ВСШ}}(S_0, \rho_0, S_1, S_2, S_3, S_4, T)$ при ограничениях (3.1 – 3.5) будет равно

$$U_{\text{ВСШ}}^{\text{обобщ}} = 40,63 \text{ (дБ)} \quad (3.49)$$

Задачу поиска оптимума функции $U_{ВСШ} = U_{ВСШ}(S_0, \rho_0, S_1, S_2, S_3, S_4, T)$ при ограничениях (3.1 – 3.5) и условиях 1) – 7) называют обобщенным критерием оптимизации.

Значение (3.49) полученного обобщенного параметра оптимизации для целевой функции $U_{ВСШ} = U_{ВСШ}(S_0, \rho_0, S_1, S_2, S_3, S_4, T)$ является решением задачи поиска оптимальных параметров пакета шумозащитной одежды. Это значение с точки зрения практики мало отличается от значения оптимума в ранее решенной формализованной задаче (3.42), но позволяет проектировать пакет с необходимыми технологическими свойствами.

3.6 Разработка расчетной программы для выбора рационального пакета материалов при проектировании комплекта специальной одежды

Разработанная математическая модель позволяет рассчитать ВСШ в зависимости от толщин слоев материалов пакета, поверхностной плотности основного материала и температуры окружающей среды. Помимо ВСШ необходимо учитывать также эксплуатационные характеристики шумозащитного жилета, определяющие комфортное пребывание человека в нем, в частности, тепловой комфорт в пододежном пространстве и вес жилета.

Существует множество вариантов пакетов, которые при равных значениях ВСШ обладают различной толщиной каждого материала, различной массой и тепловым сопротивлением.

Цель разработанной компьютерной программы состоит в выборе рационального пакета материалов, одновременно удовлетворяющего условию требуемой защиты от шума, условию максимального теплового комфорта (с учетом теплообмена с окружающей средой) и условию минимальной массы жилета.

Исходными данными для расчета являются:

- температура окружающей среды;
- величина теплопродукции человека (в зависимости от вида выполняемых работ);
- ветровые условия;
- допустимый уровень шума;
- реальный уровень шума.

Интерфейс разработанной компьютерной программы представлен на рисунке 3.2.

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: 15
Теплопродукция, ккал/ч: 230
Условия ветра: Умеренный (6...7 м/с)
Допустимый уровень шума: 83 дБ
Реальный уровень шума: 112 дБ

Теплопродукция человека в различных условиях его деятельности (Колесников П.А. Теплозащитные свойства одежды)
Ходьба (3 км/ч) - 150...170 ккал/ч
Ходьба (5 км/ч) - 230...270 ккал/ч
Легкая физическая работа - 120...170 ккал/ч
Среднетяжелая физическая работа - 170...220 ккал/ч
Тяжелая физическая работа - свыше 220 ккал/ч

Сортировать по совпадению ВСШ
Сортировать полученный список по массе
Сортировать полученный список по тепловому сопротивлению

30 РАЦИОНАЛЬНЫХ ВАРИАНТОВ

Порядковый номер	Толщина слоя основн. матер.	Толщина слоя силикона	Толщина слоя диэлектрической	Толщина слоя латрофома	Толщина слоя коверстат	Плотность лиц слоя	Толщина	Масса	ВСШ	Разность теплового сопротивл. (по модулю)	Разность теплового сопротивления
2266	0,5	1	2	14	0	200	17,5	3,45	26,894	0,256369155	-0,256369155
14339	0,75	1	0	12	2	308	15,75	3,825	26,872	0,298795285	-0,298795285
16257	0,75	2	2	12	0	250	16,75	4,425	26,897	0,272240539	-0,272240539
40431	1,25	2	0	10	3	200	16,25	6,015	26,917	0,285689397	-0,285689397
19067	0,75	4	2	10	0	250	16,75	6,045	26,893	0,269971679	-0,269971679
52808	1,5	3	0	8	3	300	15,5	6,99	26,913	0,301560781	-0,301560781
45037	1,25	6	0	8	1	250	16,25	7,275	26,912	0,280094594	-0,280094594
415	0,5	0	2	8	5	400	15,5	7,53	26,865	0,306657919	-0,306657919
21322	0,75	6	2	8	0	250	16,75	7,665	26,899	0,267702819	-0,267702819
54440	1,5	4	4	6	0	400	15,5	8,31	26,894	0,296625888	-0,296625888
36013	1	9	0	6	0	300	16	8,52	26,908	0,282412763	-0,282412763
50449	1,5	1	4	6	3	350	15,5	8,85	26,896	0,301614801	-0,301614801
6399	0,5	4	0	6	5	350	15,5	9,03	26,882	0,303227619	-0,303227619

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

Рисунок 3.2 – Интерфейс программы выбора рационального пакета материалов (с указанием основных параметров программы)

К основным преимуществам данной программы можно отнести:

- возможность выбора рационального пакета материалов, одновременно удовлетворяющего условию требуемой защиты от шума, условию максимального теплового комфорта и условию минимальной массы костюма;

- быстрый автоматизированный расчет нескольких десятков тысяч вариантов компоновки пакета материалов (т.е. расчет всех возможных вариантов компоновки);

- учет при выполнении расчета интенсивности работы человека (теплопродукции) и климатических условий работы (температура, скорость ветра);

- удобство ввода информации;

- удобная форма отображения результатов.

Тепловой расчет шумозащитного жилета проведен на основе методики Кондратьева [147], итоговой расчетной величиной в котором является тепловое сопротивление.

В разработанной расчетной программе исходными параметрами для расчета являются:

- температура воздуха на рабочем месте, °С;

- теплопродукция человека в процессе работы (показатель интенсивности его работы), *ккал/ч*;

- коэффициент теплоотдачи от поверхности одежды в окружающую среду (данный параметр принимается в соответствии с ветровыми условиями), *ккал/(м²·ч·°С)*;

- фактический уровень шума на рабочем месте, *дБ*;

- допустимый уровень шума на рабочем месте, *дБ*.

Масса жилета равна произведению площади деталей на массу одного квадратного метра пакета материалов.

Результатом расчета в разработанной компьютерной программе является список из 30 пакетов материалов, в наиболее близкой степени обеспечивающих требуемую величину снижения шума. При этом пакет материалов, стоящий на первом месте, является самым рациональным.

В случае необходимости (например, сразу несколько вариантов пакетов материалов имеют требуемую величину снижения шума) полученный список 30 пакетов можно сортировать по двум признакам:

- по тепловому сопротивлению, характеризующему степень теплового комфорта человека в данной одежде;

- по массе костюма (соответственно, чем меньше масса, тем выше уровень комфорта).

Алгоритм разработанной программы представлен на рисунке 3.3.

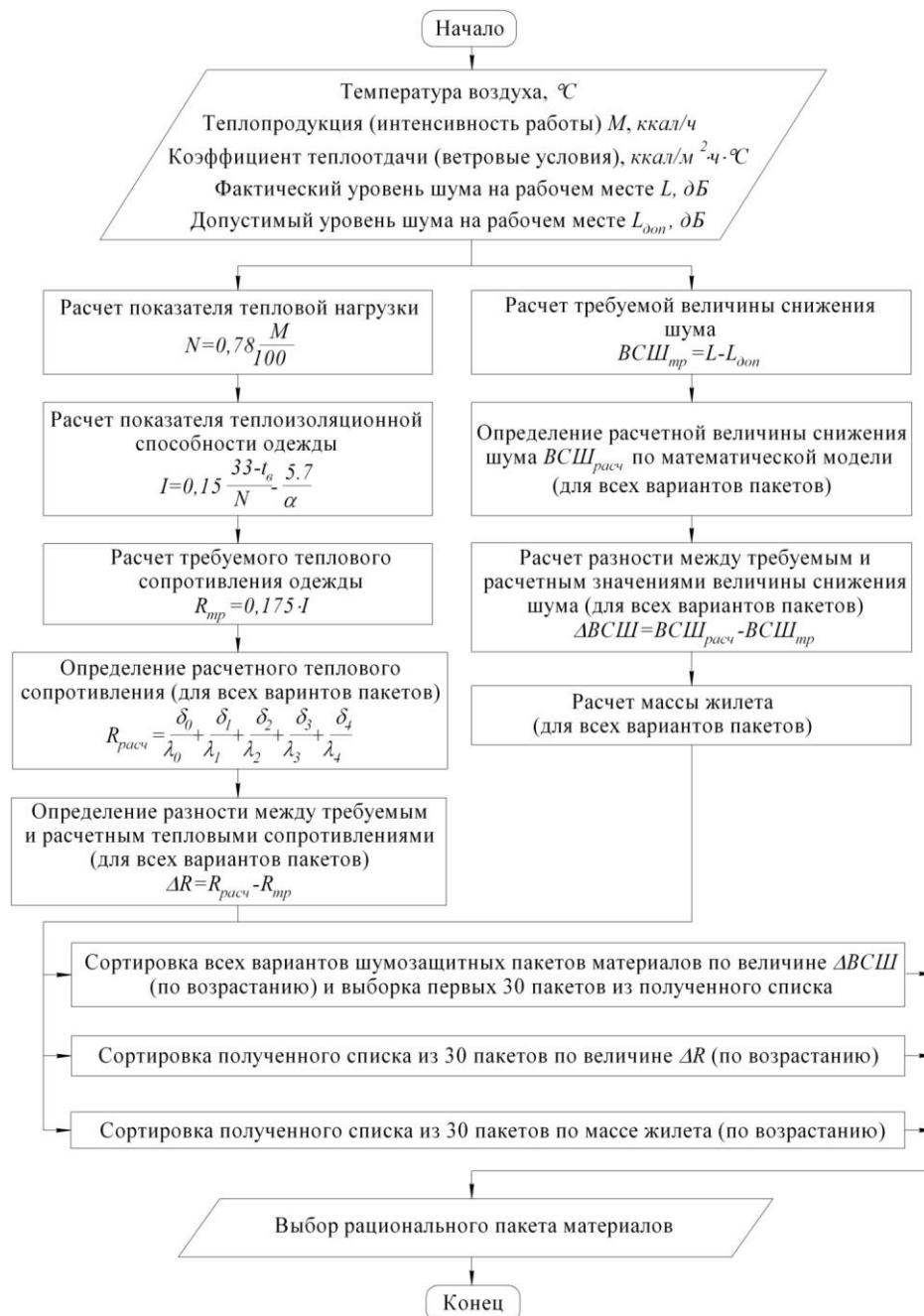


Рисунок 3.3 – Алгоритм программы для выбора рационального варианта пакета материалов

В качестве рационального пакета материалов для последующих исследований принят пакет со следующими характеристиками:

- основной слой материала 1 мм
- промежуточный силиконовый слой (выполненный на внутренней стороне лицевого слоя) 2 мм;
- промежуточный иглопробивной слой материала 4 мм;
- промежуточный слой материала – петрофом 8 мм;
- подкладочный материал.

Данный пакет материалов при заданных климатических и акустических условиях обладает величиной снижения шума равной 28 дБ.

ВЫВОДЫ К ГЛАВЕ 3

1. В результате априорного ранжирования установлена максимальная толщина пакета материалов шумозащитного жилета составляющая 25 мм, которая подтверждена коэффициентом конкордации и критерием Пирсона.

2. На основе полученных экспериментальных данных разработана математическая модель процесса шумозащиты пакетом материалов, устанавливающая зависимость величины снижения шума от толщин материалов пакета, плотности лицевого слоя пакета и температуры окружающей климатической среды.

3. На основе математической модели разработана 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.

4. Выбран рациональный пакет материалов для изготовления шумозащитного жилета и проведения дальнейших исследований.

ГЛАВА 4 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШУМОЗАЩИТНОГО КОМПЛЕКТА С ПОСЛЕДУЮЩИМ ИССЛЕДОВАНИЕМ В РЕАЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

В настоящее время приобретает актуальность проектирование костюмов специального назначения, учитывающих всю специфику конкретного вида промышленности. Функционал проектируемых СИЗ при сохранении шумозащитных свойств можно обеспечить различными методами:

- использование специальных материалов с уникальными свойствами (антистатические, противопожарные, гидрофобные и т.д.);
- использование специальных пропиток и покрытий материалов (нефте-, водоотталкивающие и т.д.);
- конструктивные методы (дополнительные накладки, ветрозащитные планки и т.д.) [86].

При проектировании шумозащитного комплекта из множества описанных выше методов следует применять те из них, которые повышают защиту от агрессивной акустической среды, не влияя при этом на физиолого-гигиенические свойства комплекта и комфортность пододежного пространства [148].

Использование компьютерной программы для выбора рационального пакета материалов (см. глава 3) позволяет определить толщину каждого из слоев пакета, что в свою очередь необходимо учитывать при проектировании чертежа конструкции в автоматизированном режиме в современных системах проектирования одежды.

4.1 Разработка конструкции специального шумозащитного комплекта

При разработке шумозащитной одежды произведен анализ современных видов специальной одежды и патентный поиск аналогов данного вида одежды [149-153]. Анализ показал необходимость совершенствования существующих конструкций шумозащитной одежды (в том числе за счет добавления жилета) и пакета материалов для них. Также установлено, что жилет должен обеспечивать защиту всего туловища человека, а не локальных участков (см. главу 1). С учетом выбранных материалов для конкретных условий (см. главы 2 и 3) разработана конструкция и технологическая последовательность изготовления специального шумозащитного комплекта (куртка, брюки, жилет), позволяющего длительное время находиться в условиях рассматриваемой техногенной среды без ущерба для здоровья.

Широко известны комплекты защитной спецодежды с использованием стационарных внутренних многослойных прокладок и накладок [153-160]. Отсутствие в комплектах такой одежды элементов, обеспечивающих шумоизоляцию, не позволяет использовать их в производствах с высоким уровнем динамических вибрационных и шумовых нагрузок на работающего. Наиболее близким прототипом комплекта является комплект защитной одежды, описанный в патенте на полезную модель RU № 62776, в который входит полукомбинезон, утепленная куртка и жилет, выполненные из текстильных материалов. Пакет материалов состоит из нескольких слоев, между которыми помещены накладки из тканей с повышенными шумоизолирующими свойствами, защищающие отдельные участки тела, наиболее подверженные шумовым и вибрационным воздействиям (область туловища, брюшную область, грудную клетку, плечевой пояс и позвоночный столб). Рукава и брюки имеют дополнительные накладки для защиты локтевого и коленного суставов.

К недостаткам описанного комплекта шумозащитной одежды, принятого за прототип, можно отнести отсутствие усиленной защиты отдельных участков тела человека, подверженных вредным воздействиям. А именно игнорирование фактора возникновения резонанса частот внутренних органов и шума от оборудования.

Для исследования шумозащитных свойств был выбран температурный режим от -30°C до $+5^{\circ}\text{C}$, зависящий от климатического районирования исследуемого производства, описанного ранее.

4.1.1 Проектирование шумозащитного комплекта

Обеспечение свободы движений рабочих и удобства в эксплуатации – одни из основных функциональных требований к конструкции спецодежды. Удовлетворение этих требований достигается за счет:

- выбора рациональных величин прибавок;
- применения частных конструктивных решений отдельных узлов, обеспечивающих свободу движения в динамике;
- проектирования эластичных шумозащитных вставок, обеспечивающих достаточную свободу и сложность выполняемых движений и улучшающих эстетические качества изделия.

Общие требования эргономики к проектируемой одежде должны соответствовать ГОСТ Р ЕН 340-2010 «Одежда специальная защитная. Общие технические требования». В частности, специальная одежда должна обеспечивать максимально возможный уровень комфорта потребителя при требуемом уровне защиты, соответствующих условиях окружающей среды, уровне физической активности, а также предполагаемом времени использования.

Исходя из необходимости защиты участков тела работающего от комплекса факторов климатической и производственной среды, был разработан комплект, состоящий из утепленной куртки, жилета и брюк.

Защита тела работающего от негативных последствий воздействия шума осуществлена путем использования вставок на участках, наиболее подверженных шумовым воздействиям. Введение вставки в конструкцию куртки позволяет защитить локтевые суставы, в брюки – коленные суставы и крестец. Использование дополнительного слоя в виде жилета способствует увеличению уровня шумоизоляции всего туловища (брюшная область, низ живота, грудная клетка, плечевой пояс, позвоночный столб) и ослаблению эффекта резонанса собственных частот внутренних органов тела человека и частоты звука, описанного в главе 1.

Зоны, максимально подверженные негативному влиянию шума, представлены на рисунке 4.1.

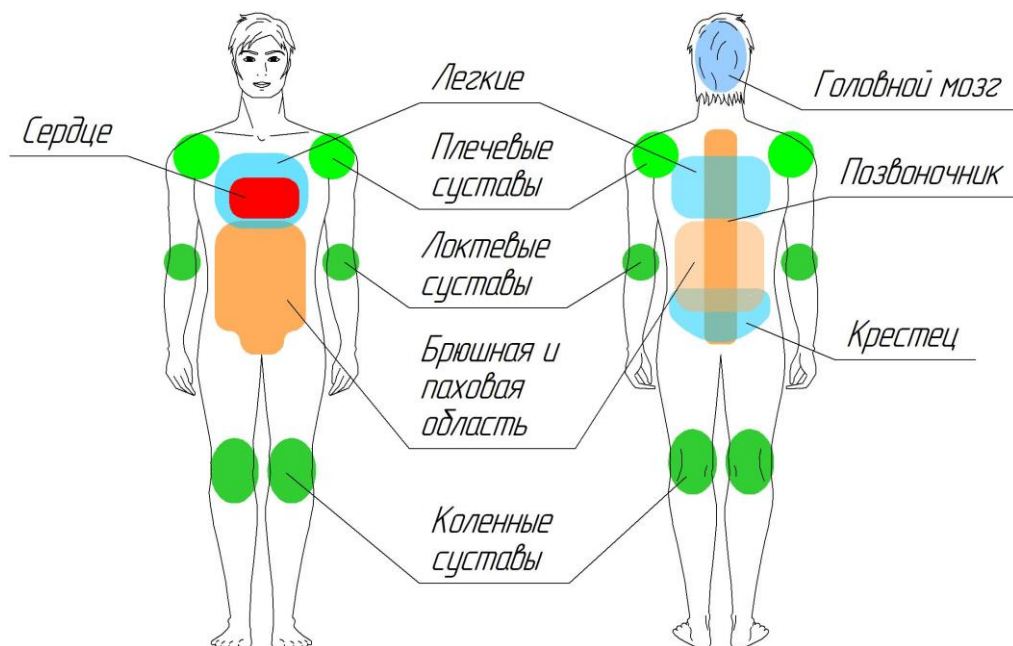


Рисунок 4.1 – Зоны максимальной чувствительности человека к воздействию шума

На основе проведенного ранее аналитического обзора (глава 1), а также выполненных исследований разработан комплект шумозащитной одежды, включающий в себя куртку, брюки и жилет.

Куртка мужская, специального назначения, утепленная, прямого силуэта, с втачными рукавами, центральной застежкой на молнию,

ветрозащитной планкой, съемным капюшоном, на подкладке, с дополнительной съемной утепляющей подкладкой.

Полочки с фигурными кокетками от линии плеча, переходящими в клапаны верхних карманов, с рельефами от горловины, рельефами от кокеток, с карманами с тесьмой-молнией в швах соединения с кокетками, с вертикальными прорезными карманами с тесьмой-молнией на средних частях полочек, карманами ниже уровня талии с клапанами.

Спинка с фигурными кокетками от плеча, фигурными рельефами от кокеток, двумя горизонтальными членениями.

Воротник-стойка.

Рукава втачные, одношовные, с горизонтальным членением на уровне кокеток полочек и спинки, с вертикальными рельефами. Ниже линии глубины проймы горизонтальное членение, в котором оформлен карман с тесьмой-молнией, а также фигурное членение с динамичной шумозащитной вставкой на уровне локтя. Низ рукава с притачной манжетой на резинке.

Низ куртки с притачным поясом, фиксирующимся с помощью резинки.

Куртка на притачной подкладке.

В нижней части подкладки куртки притачана тесьма-молния для соединения с брюками.

Утепляющая подкладки прикрепляется к куртке с помощью тесьмы-молнии.

По рельефам, кокеткам, отрезной части рукава, ветрозащитной планке, по низу проложена отделочная строчка 0,5 см.

На уровне лопаток по спинке настрочена светоотражающая тесьма.

Технический эскиз куртки представлен на рисунке 4.1, а.

Брюки мужские, специального назначения, утепленные, прямые, с застежкой на тесьму-молнию, на регулируемом поясе с резинкой, застегивающемся на 2 обметанные петли и 2 пуговицы.

Передние половинки с карманами в швах на молнии и карманы с клапанами на уровне середины бедра. Динамические шумозащитные вставки располагаются в области колена. Накладка в области паха изготовлена из иглопробивного материала с силиконовой пропиткой. На передней брюк ниже колена расположены светоотражающие ленты. В области колена создан дополнительный объем на выпуклость колена.

Задние половинки с вертикальными членениями, имеется динамическая шумозащитная вставка на уровне крестца. На уровне колена горизонтальные членения, вставка с силиконовой пропиткой. Ниже уровня колена расположена светоотражающая тесьма.

Длина пояса регулируется резинкой.

В шве притачивания пояса расположена молния для пристегивания брюк к куртке

Отделочные строчки проложены по рельефам.

Технический эскиз брюк представлен на рисунке 4.2, б.

Выбор материалов в пакете для проектирования куртки и брюк теоретически и экспериментально обоснован результатами исследований (глава 2,3).

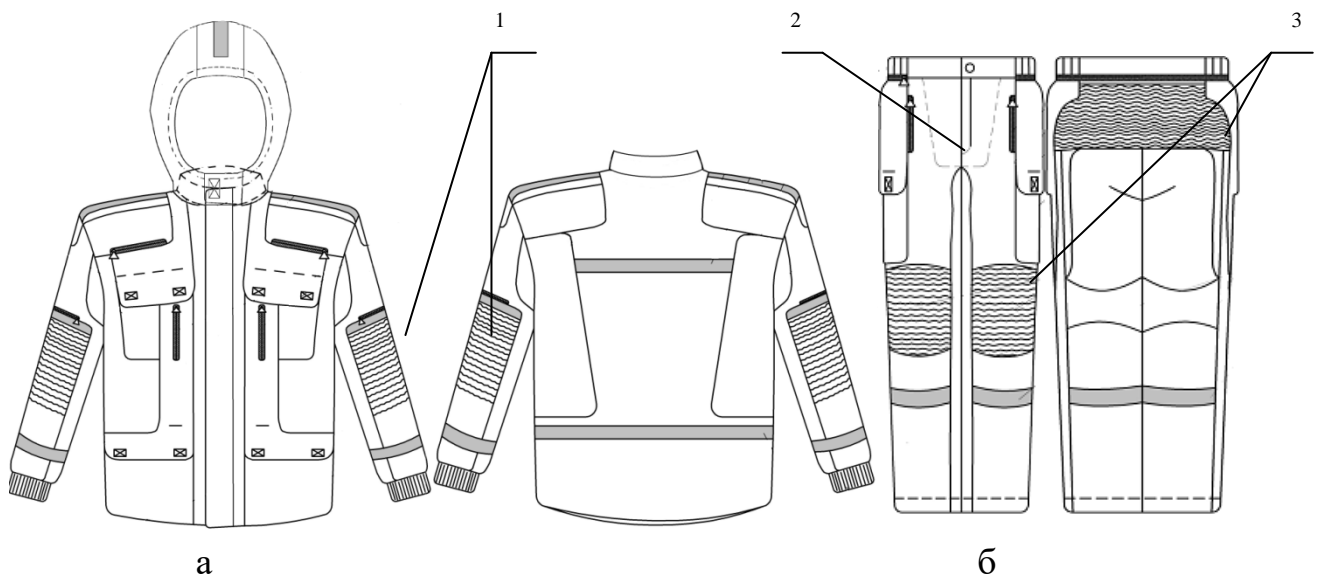


Рисунок 4.2 – Комплект шумозащитной одежды: а – утепленная куртка; б – утепленные брюки (1, 3 – шумозащитные динамичные вставки; 2 – шумозащитная накладка)

Конструкция шумозащитного комплекта выполнена в программе САПР «Грация» по методике ЕМКОСЭВ, чертеж конструкции представлен на рисунках 4.3, 4.4.

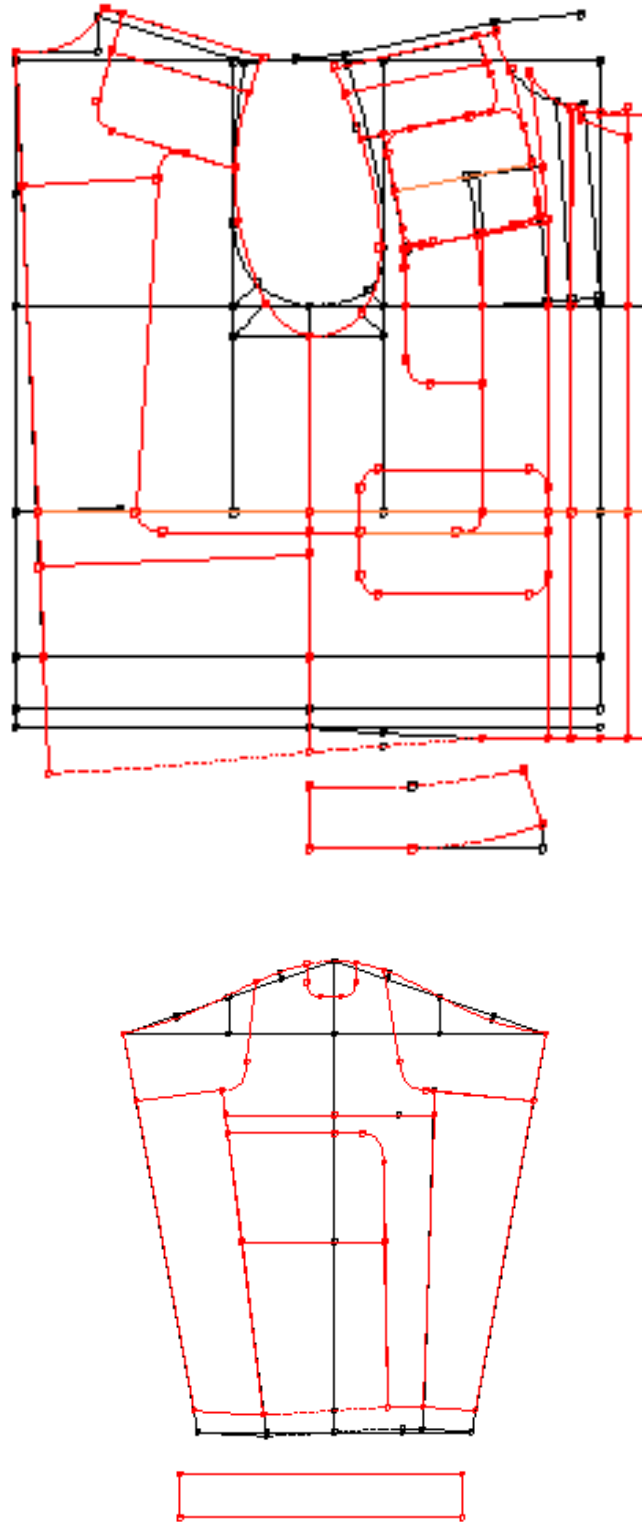


Рисунок 4.3– МК шумозащитного комплекта: куртки и рукава шумозащитного комплекта



Рисунок 4.4—МК брюк

Информационное обеспечение САПР - объединяет всевозможные данные, необходимые для выполнения автоматизированного проектирования и включает размерную характеристику (массив размерных признаков типовых фигур), правила их изменения для различных полнотных групп, значения конструктивных прибавок, поправочных коэффициентов и стандартных формул. В окне «Типовые наборы размерных признаков» из списка типовых наборов размерных признаков, которые имеются в САПР "Грация" (версия 100) выбираем тот, который соответствует методике построения проектируемой модели а именно ОСТ 17-325-86 «Типовые фигуры мужчин». Исходя, из проектной задачи использовали размерные признаки мужской фигуры типового телосложения 176 – 100 – 88, второй полнотной группы и величины прибавок на свободу облегания. Конструктивные прибавки выбраны минимально необходимыми для проектирования специальной одежды с утеплителем с учетом анализа

специальной одежды, сертифицированной в легкой промышленности (глава 1) и рекомендуемых прибавок для зимней одежды (приложение И) [86].

В результате аналитического обзора современной литературы (глава 1) и проведенных исследований (главы 2 и 3) определены места расположения шумозащитных вставок на проектируемом комплекте. Анализ мест расположения защитных вставок (глава 1) показал, что при их проектировании необходимо обеспечить динамическое соответствие изделия движениям рабочего, при сохранении шумозащитных свойств.

На пути звуковой волны шумозащитная вставка представляет собой преграду. Известно, что при попадании звуковой волны на преграду наблюдается явление дифракции. Длина звуковой волны, от которой обеспечивается защита, определяется размерами вставки. В свою очередь размеры вставки определяются размерами защищаемых органов (суставов) и эргономическими показателями. Явление дифракции резко снижает защитный эффект препятствия в случае, когда длина волны превышает размеры преграды. Так при частоте звука 1000 Гц длина звуковой волны составляет 33 см, а при частоте 100 Гц она составляет 3,3 м. Соответственно зная размеры коленных и локтевых суставов размеры соответствующих вставок можно определить из условий:

- 20 см < динамическая вставка, защищающая коленный сустав;
- 10 см < динамическая вставка, защищающая локтевой сустав;
- 10 см < динамическая вставка, защищающая крестец.

В проектируемом комплекте размер шумозащитной вставки на коленный сустав принят равным 28 см, на локтевой – 18 см, а на крестец – 14 см.

Увеличение размеров шумозащитных вставок, выше принятых значений, нецелесообразно, так как это ведет к ухудшению эргономических характеристик комплекта и увеличению расхода шумопоглощающего материала, что является экономически невыгодным.

Разработан и предложен способ изготовления шумозащитных вставок, их конфигурация и составляющие пакета вставки. Способ изготовления шумозащитных вставок заключается в настрачивании слоев кевлара на трикотажное полотно. Во внутренние каналы образовавшихся складок вложены силиконовые шнуры (ТУ 38.105 1816-87, ТУ 2500-281-00152106-99, ТУ 38 1051959-90, ТУ 2534-022-00152106-00) (рисунок 4.5).

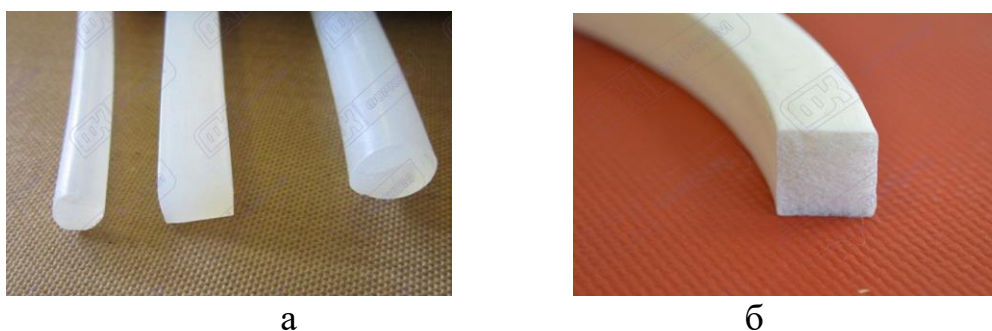


Рисунок 4.5 – Силиконовые шнуры различного сечения: а – монолитные шнуры; б – пористый шнур

Использование силиконовых шнуров обусловлено следующими их физико-техническими характеристиками: устойчивость к низким и высоким температурам (диапазон рабочих температур от $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+250\text{ }^{\circ}\text{C}$); высокая эластичность и долговечность; стойкость к морской и пресной воде, в том числе к кипящей, к солям, спиртам, фенолам, минеральным маслам, слабым растворам кислот и щелочей; экологическая безопасность и нетоксичность, отсутствие изменений под воздействием света и воздуха [161]. Замена силиконового слоя на силиконовые шнуры обусловлена тем, что при изготовлении вставки плотный силиконовый слой не дает возможность сформировать детали с измененной геометрией поверхности (ВСШ увеличивается на 10 %) (рисунок 4.6).

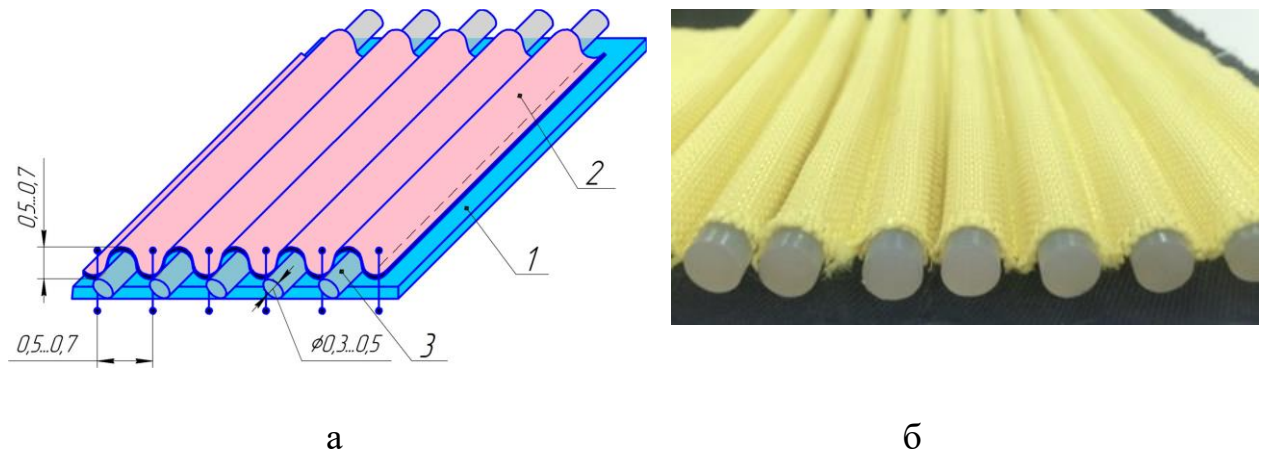


Рисунок 4.6 – Динамические защитные вставки: а – схема соединения (1 – трикотажная основа, 2 – кевлар, 3 – силиконовые шнуры); б – образец шумозащитной вставки

Так как шумозащитные вставки имеют измененную геометрию поверхности, представляет интерес определения длины детали шумозащитной вставки, изготовляемой из кевлара.

Схематическое изображение шумозащитной вставки с указанием необходимых параметров, представлено на рисунке 4.7.

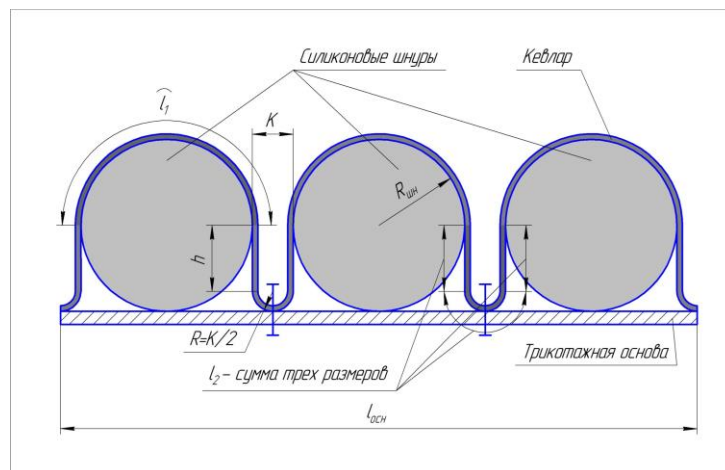


Рисунок 4.7 – Схема шумозащитной динамической вставки

Расход материала «кевлар» для шумозащитной вставки определяется следующими функциональными зависимостями:

$$l_{\text{кевл}} = (K; R_{\text{шн}}; l_{\text{осн}}), \quad (4.1)$$

где K – расстояние между шнурами (в соответствии с рисунком);

$R_{\text{шн}}$ – радиус сечения силиконовых шнуров;

$l_{осн}$ – длина трикотажной основы.

Из рисунка видно, что расход кевлара, необходимый для изготовления шумозащитной вставки можно определить по формуле

$$l_{кевл} = n \cdot l_1 + n \cdot l_2 = n(l_1 + l_2), \quad (4.2)$$

где n – количество силиконовых шнуров;

l_1 – длина участка кевлара, в соответствии с рисунком (4.7);

l_2 – длина участка кевлара, в соответствии с рисунком (4.7).

Длина участка кевлара l_1 определяется из зависимости

$$l_1 = \pi \cdot R_{шн}. \quad (4.3)$$

Длина участка кевлара l_2 , в соответствии с рисунком (4.7) определяется из зависимости:

$$l_2 = 2 \cdot h + \pi \cdot \frac{K}{2}, \quad (4.4)$$

где h – в соответствии с рисунком);

При этом уравнение (3) применимо при следующем условии

$$0 \leq R_{шн} \leq K, \quad (4.5)$$

Длину прямолинейного участка кевлара можно определить по уравнению:

$$h = R_{шн} - \frac{K}{2}. \quad (4.6)$$

Отсюда

$$l_2 = 2 \cdot \left(R_{шн} - \frac{K}{2} \right) + \pi \cdot \frac{K}{2}. \quad (4.7)$$

Количество силиконовых шнуров можно выразить через длину трикотажной основы по следующей зависимости:

$$l_{осн} = n \cdot 2 \cdot R_{шн} + n \cdot K. \quad (4.8)$$

Отсюда

$$n = \frac{l_{осн}}{2 \cdot R_{шн} + K}. \quad (4.9)$$

При расчете по данной формуле полученное количество шнуров следует округлить в меньшую сторону.

Длина кевлара, соответственно определяется по зависимости

$$l_{\text{кевл}} = \frac{k \cdot l_{\text{осн}}}{2 \cdot R_{\text{шн}} + K} \cdot \left[(\pi \cdot R_{\text{шн}}) + \left(2 \cdot \left(R_{\text{шн}} - \frac{K}{2} \right) + \pi \cdot \frac{K}{2} \right) \right], \quad (4.10)$$

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

Используя полученное уравнение 4.10 для разработанного комплекта рассчитаны размеры детали из кевлара при изготовлении шумозащитной вставки. Исходные данные к расчету приняты следующие: $R_{\text{шн}} = 0,3$ см, $K = 0,4$ см. Соответственно расход кевлара составил: для динамической вставки, защищающей коленный сустав - 54,5 см; : для динамической вставки, защищающей локтевой сустав - 35,0 см; : для динамической вставки, защищающей крестец - 27,3 см.

Динамические дополнительные вставки несут помимо основной функции шумозащиты и функциональную нагрузку, усиливая участки, подверженные наибольшему износу и истиранию, при этом имеют достаточно гибкую структуру, могут деформироваться в зависимости от движения оператора. Проектирование шумозащитных динамичных вставок – перспективное направление в создании эргономичной специальной одежды с повышенными шумозащитными свойствами для защиты отдельных участков тела человека.

Разработанный комплект специальной одежды прошел производственную апробацию на предприятиях нефтегазовой отрасли, где уровень шумовой нагрузки достаточно высок. 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 при различных температурных режимах. На разработанный образец шумозащитного комплекта получен патент на полезную модель

№135879 «Защитная одежда» (Приложение Н). Для анализа шумозащитных свойств комплект исследовался в натуральных условиях.

4.1.2 Разработка конструкции шумозащитного жилета

Необходимость защиты основных кроветворных и мягких тканей тела человека задает основные параметры для конструкции шумозащитного жилета (рисунок 4.1), а условие защиты в области крестца, и паха создает необходимость в проектировании дополнительных криволинейных срезов. С целью создания рациональной конструкции жилета необходимо в первую очередь достичь соответствия эргономическим и физиолого-гигиенические требованиям. Решение этой задачи видится в обеспечении необходимой пластичности изделия, путем введения членения в каждый слой пакета материалов таким образом, чтобы они оказались на разных уровнях. Из спектра различных видов моделей и конфигураций жилетов [162] выбран рациональный, с точки зрения композиционной целостности внешнего вида изделия и соответствующий условиям эксплуатации.

Жилет мужской, специального назначения, из шумозащитного пакета материалов, прямого силуэта, с застежкой на ленту велькро в области плечей и живота.

Перед с удлиненной линией низа, с настроенной светоотражающей тесьмой в области груди и живота, с настроенной лентой велькро в области плеча и живота для соединения со спинкой.

Спинка с бретелями, с настроенной светоотражающей тесьмой в области лопаток и талии, с настроенной лентой велькро на бретелях и в области живота для соединения с передом.

Края переда и спинки окантованы.

Жилет на подкладке из фланелевой ткани.

Регулировка объема жилета достигается с помощью застежки-велькро.

Технический эскиз жилета представлен на рисунке 4.8.

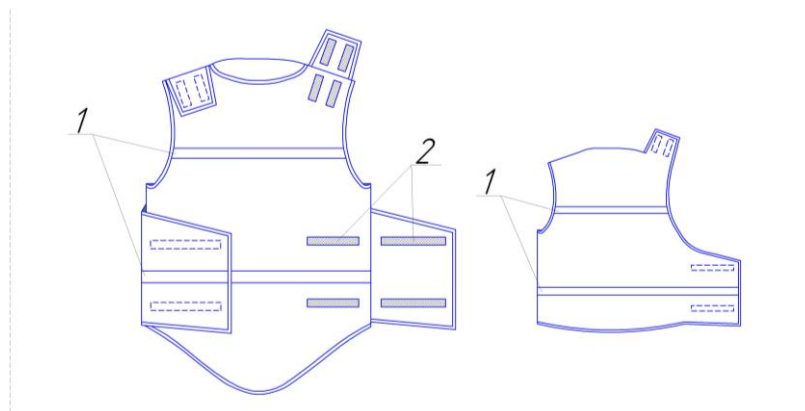


Рисунок 4.8 – Эскиз проектируемого жилета с дополнительной функцией шумозащиты; 1–светоотражающая тесьма; 2 – лента-велькро

При разработке рациональной конструкции жилета необходимо учитывать весь комплекс прибавок [162,163], обеспечивающих свободу дыхания, кровообращения, величину воздушной прослойки и прибавку на толщину пакета материалов. Очевидно, что жилет должен обеспечивать достаточное прилегание к телу человека, так как его основная функция – это шумозащита. Излишняя свобода относительно туловища будет создавать дополнительные зоны для проникновения шума в пододежное пространство, тем самым уменьшая положительный эффект шумозащитного комплекта.

Для проектирования шумозащитного жилета необходимо выбрать конструктивную прибавку (P_k), которая включает в себя прибавку минимально-физиологическую и прибавку на толщину пакета материалов и рассчитывается по формуле:

$$P_k = P_{\text{мин.физиолог.}} + P_{\text{мм}}, \quad (4.11)$$

где $P_{\text{мин.физиолог.}}$ – прибавка минимально-физиологическая;

$P_{\text{мм}}$ – прибавка на толщину пакета материалов.

В связи с тем, что жилет имеет конструкцию с регулируемым объемом по груди (Т16) и регулируемой длиной за счет бретель по типу конструкций бронежилетов, определение прибавки минимально-физиологической сводится к определению минимально-необходимой прибавки. Основываясь

на методике расчета данной прибавки для бронежилетов [162, 163], как прототипов шумозащитного жилета, прибавка минимально-необходимая к ширине изделия на уровне глубины проймы составила 7 ± 1 см.

В главе 3 определена максимальная толщина пакета материалов шумозащитного жилета. От толщины пакета материалов зависит и прибавка на толщину пакета. Данная прибавка определяется расчетным путем, который основан на приближении сечения фигуры по линии груди к форме круга [164]:

$$\Pi_{nm} = \pi \cdot t_{nm}, \quad (4.12)$$

где t_{nm} – толщина пакета материалов, равная сумме толщин материалов, составляющих пакет шумозащитного комплекта.

Пакет материалов разрабатываемого шумозащитного жилета представляет собой многослойную конструкцию (рисунок 4.9).

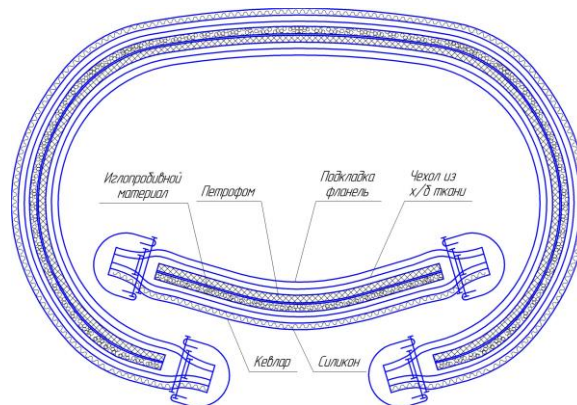


Рисунок 4.9 – Горизонтальное сечение шумозащитного жилета на уровне линии глубины проймы

При этом принимая во внимание толщины материалов в пакете, возникает необходимость в определении прибавок для каждого слоя в отдельности и в зависимости от толщины ниже лежащих слоев в пакете. С учетом данной особенности, для определения собственных прибавок каждого слоя в пакете, предложена зависимость

$$\Pi_i = \pi \cdot (t_1 + t_2 + \dots + t_{i-1}), \quad (4.13)$$

где P_i – прибавка к i -му слою пакета материалов;

t_i – толщина i -го слоя пакета материалов.

Данная формула учтена при выборе рациональной прибавки при построении жилета по методике ЕМКОСЭВ (приложение И, таблица И.2).

В таблице 4.1 приведены средние значения толщин материалов, составляющих пакет шумозащитного комплекта.

Таблица 4.1 – Средние значения толщин основных слоев пакета материалов шумозащитного комплекта

Наименование слоя		Средняя толщина слоя, см
1	Нательное белье	0,05
2	Джемпер	0,15
3	Кутка (фланель, стеганая подкладка с синтепоном, основная ткань)	0,7
4	Шумозащитный жилет (кевлар, силиконовый слой, иглопробивной слой, петрофом, фланель)	2,7
Суммарная толщина пакета материалов шумозащитного комплекта		3,6

Толщина пакета материалов составляет 3,6 см. Таким образом, расчетная прибавка на толщину пакета материалов равна 11,0 см. Суммарная конструктивная прибавка на уровне линии глубины проймы составляет $P_2=18,0\pm 1$ см. Соответственно величина прибавки будет изменяться в зависимости от увеличения толщин материалов в пакете (условия производства, уровень шума на рабочем месте). Прибавка к длине спины до талии ($P_{\text{омс}}$) также определена в зависимости от толщины пакета материалов и составила $3,5\pm 0,5$ см.

Проектируемый жилет изделие всесезонное, соответственно прибавка на свободу проймы по глубине ($P_{\text{сnp}}$) должна обеспечивать удобство одевания на верхнюю одежду (на зимнюю куртку), удобство эксплуатации. Для куртки в разделе 4.1.1 (приложение И) выбрана прибавка $P_{\text{сnp}}$ принята

равной 6,0 см. Следовательно, прибавка на свободу проймы с учетом нижележащих слоев и выполнения характерных движений составляет $7,0 \div 13,5$ см.

Конструктивные элементы не должны снижать шумозащитных свойств, достигнутых за счет материалов, и их выбор на этапе проектирования шумозащитного жилета должен производиться с учетом характера воздействия неблагоприятных факторов.

Поскольку проектируемое изделие предназначено для повседневной носки, то важно обеспечить максимально комфортные условия для работника. Комфортное пребывание в костюме определяется массой изделия, свободой движения и функциональностью. Кроме того, важна прочность и надежность в эксплуатации, характеризующиеся высоким сопротивлением материалов и швов разрывным нагрузкам и износостойкостью материалов.

Для исследования таких параметров как удобство эксплуатации (в том числе конфигурация срезов изделия) и расположение застежек, был выполнен макет изделия из материала, выбранного для использования в проектировании шумозащитного жилета – петрофом+иглопробивной материал, имитирующие жилет и соответствующие по жесткости пакету материалов (рисунок 4.10).



Рисунок 4.10 – Макет проектируемого изделия в статике-динамике

Антропометрическое соответствие шумозащитного жилета целесообразно рассматривать с двух позиций: соответствие конструкции изделия размерам и форме тела человека в статике (соразмерность, баланс) и в динамике – при выполнении им производственных операций. При проектировании жилета учтен не только характер движений рабочего, но и предложен принципиально новый подход в конструировании изделия путем введения разноуровневых членений слоев материалов и их последующего закрепления. На рисунке 4.13 при выполнении наклонов вперед испытуемым наблюдается возникновение слома (складки) ниже линии груди, а также ниже линии талии. При многократном выполнении данного движения выявлены места расположения членений петрофома и иглопробивного материала в жилете. Уровень первого членения петрофома рассчитывается по формуле $(T_{40} + П - T_{39} + П) / 2$ (от линии груди), уровень второго членения петрофома – $(0,65 \times (T_7 - T_{12}) + П) / 2$ (от линии талии). Также для иглопробивного материала: уровень первого членения $(T_{40} + П - T_{39} + П) / 2 - 3,0$, уровень второго членения иглопробивного материала $(0,65 \times (T_7 - T_{12}) + П) / 2 - 3,0$.

В ходе эксперимента проведена оценка степени свободы движений человека, одетого в макет жилета. На основе наблюдений и субъективной оценки испытуемого установлено соответствие эргономических показателей жилета ГОСТ Р ЕН 340-2010 «Одежда специальная защитная. Общие технические требования».

В результате анализа защитных устройств (глава 1) и основываясь на результатах оценки испытуемого степени удобства при сгибании ноги в тазобедренном и коленном суставах и отведение ноги определено рациональное удлинение изделия относительно линии талии, которое составило: по переду $P_{yn} = 20,0 \div 25,0$ см, $P_{yc} = 8,0 \div 10,0$ см.

При анализе конструкции защитного жилета - аналога (глава 1), выявлено, что основным недостатком является нерациональная толщина бретели, определяющая ширину верхнего среза переда и спинки (большая ширина вызывает трудности при выполнении ряда движений: отведение руки

в сторону, поднятие руки вперед). В то же время, при проектировании бретели с недостаточной шириной уменьшается площадь защиты от воздействия шума и создается излишнее давление на плечо. Натурные испытания экспериментального образца жилета позволили определить рациональную ширину бретели, равную 9,0-12,0 см, соответственно прибавка к ширине плеча составила $-3,0 \div -5,0$ см.

Также, принимая во внимание выбранные прибавки к ширине ($P_{Шгс}$) и глубине ($P_{Вгс}$) горловины спинки, ширине ($P_{Шгн}$) и высоте ($P_{Вгн}$) горловины переда для куртки (приложение И) и результаты оценки испытателя, выделен диапазон соответствующих прибавок для проектирования шумозащитного жилета $P_{Шгс}=1,5 \div 2,5$ см, $P_{Вгс}=1,0 \div 1,5$ см, $P_{Шгн}=1,5 \div 2,5$ см, $P_{Вгн}=1,0 \div 3,0$ см.

Величины конструктивных прибавок в шумозащитном жилете представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Величины конструктивных прибавок шумозащитного жилета

Наименование конструктивной прибавки	Конструктивный участок	Условное обозначение конструктивной прибавки	Значение конструктивной прибавки, см
Ширина изделия на уровне линии глубины проймы	31-37	$P_{Г}$	$16,5 \pm 1$
Длина спинки до талии	11-41	$P_{Дтс}$	$3,5 \pm 0,5$
Ширина спинки	31-33	$P_{Шгс}$	$-0,2 \div -1,5$
Ширина груди	35-37	$P_{Шгг}$	$-0,7 \div -2,0$
Ширина горловины спинки	11-12	$P_{Шгс}$	$1,5 \div 2,5$
Высота горловины спинки	12-121	$P_{Вгс}$	$0,5 \div 1,5$
Ширина горловины переда	161-17	$P_{Шгн}$	$1,5 \div 2,5$
Высота горловины переда	16-161	$P_{Вгн}$	$1,0 \div 3,0$
Положение линии глубины проймы	33-331 = 35-351	$P_{снр}$	$7,0 \div 13,5$
Ширина плеча	121-14'	$P_{Шпн}$	$-3,0 \div -5,0$

Внешний вид, потребительские, эксплуатационные, а главное шумозащитные свойства жилета в значительной степени определяются свойствами применяемых материалов. Для производства заявляемого жилета использованы шумозащитные материалы, а именно:

кевларовый материал, который обладает высокой степенью шумозащиты (благодаря поверхностной плотности, обладает высокой степенью звукоотражения на высоких частотах волн);

слой силикона, технология нанесения которого описана в главе 2;

слой иглопробивного материала, защищающий от средних и низких частот;

слой петрофома, обладающий повышенным свойством виброзащиты и защиты от средних и низких частот (пористый слой применяют в целях преобразования звуковой и вибрационной энергии в тепловую);

слой фланелевой ткани (подкладка), обеспечивающий необходимые гигиенические показатели спецодежды.

Последовательность расположения слоев следующая: кевлар – силикон – иглопробивной материал – петрофом – фланель (рисунок 4.11).

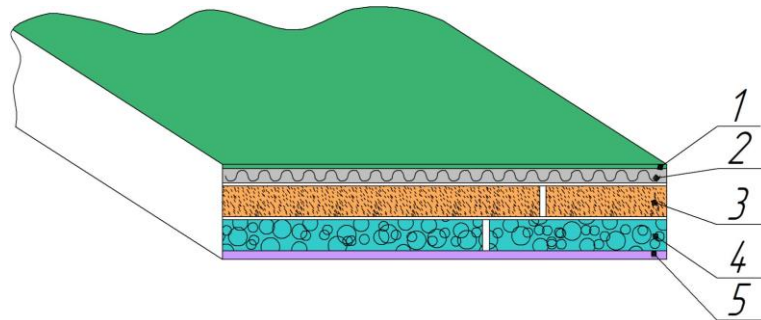
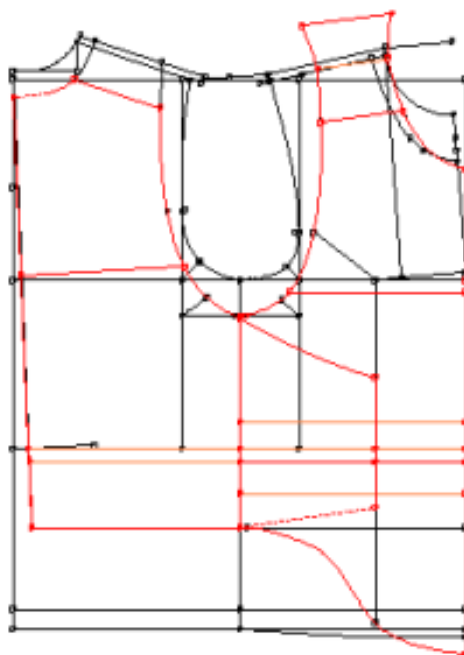


Рисунок 4.11 – Схема расположения материалов и членений в пакете жилета: 1 – кевларовый слой, 2 – силикон, 3 – иглопробивной материал, 4 – петрофом, 5 – подкладка-фланель

На рисунке 4.12 представлена конструкция шумозащитного комплекта и жилета, разработанные в системе САПР «Грация». Расчетные формулы для определения основных конструктивных параметров чертежа шумозащитного жилета и определение модельных особенностей представлены в приложении И, таблица И.2.



б

Рисунок 4.12 – МК шумозащитного жилета

На основании результатов исследований (глава 2) и математического моделирования (глава 3) определена толщина каждого слоя в шумозащитном жилете для конкретных условий эксплуатации. Величина снижения шума защитным жилетом составляет 27-30 дБ, что на 10-15 дБ превышает результаты шумозащиты ближайшего аналога жилета, представленного в аналитическом анализе (см. главу 1).

4.2 Разработка технологии изготовления шумозащитного комплекта

Разработка технологии изготовления шумозащитного комплекта включает в себя такие этапы, как выбор методов обработки проектируемой модели мужского шумозащитного комплекта, подбор режимов технологической обработки, оборудования, приспособлений малой механизации. Конструкции узлов проектируемых изделий разработаны с учетом современных прогрессивных методов обработки, пошивочных

свойств материалов, применения современных прокладочных материалов, обеспечения высокого уровня механизации и автоматизации ручного труда, минимальных трудовых затрат на изготовление качественного изделия.

Эффективность производства шумозащитного комплекта во многом определяется выбранными методами обработки. Из возможных вариантов обработки каждого узла данного изделия выбраны такие, которые могут быть использованы в разрабатываемом проектируемом технологическом процессе. Основными ограничениями служит перечень оборудования и приспособлений, имеющихся на базовом предприятии. В частности для изготовления шумозащитных вставок с силиконовыми шнурами диаметром 0,6-0,8 см применяется оборудование 867-490322-М CLASSIC E424/10/9 «Дюкорпп Адлер», двухигольная машина челночного стежка, расстояние между иглами регулируется до 12 мм, толщина иглы № 140-180, максимальная длина стежка 12 мм, подъем лапки осуществляется на 20 мм.

Характеристика технологического процесса изготовления проектируемого изделия представляется в виде схемы сборки (приложение К, рисунки К.1, К.2, К.3). Справочник технологических операций по изготовлению проектируемого комплекта составляется на основе выбранных методов обработки и оборудования на предприятии изготовителе (приложение К). На рисунке 4.13 наглядно представлен процесс сборки шумозащитного жилета. В ходе сборки жилета необходимо учесть сдвиг деталей из петрофома и иглопробивного материала, в частности для решения этой проблемы внутренние слои материалов необходимо обтачать чехлом из хлопчатобумажной ткани предварительно точно соединив между собой клеем типа резинового.



Рисунок 4.13 – Процесс сборки шумозащитного жилета

В приложении К представлены модульные карты обработки и сборки комплекта (рисунки К.4, К.5, К.6) и справочник технологических операций по изготовлению шумозащитного комплекта (таблица К.1). Опытная партия изготовлена на ООО фабрика «Весна» г. Ставрополь. Фотографии разработанного комплекта специальной одежды с основной функцией шумозащиты представлены на рисунке 4.14.



Рисунок 4.14 – Комплект шумозащитной одежды (куртка, брюки): а– вид спереди, б– вид сзади

На рисунке 4.14 представлен комплект с шумозащитным жилетом.



Рисунок 4.15- Комплект шумозащитной одежды: куртка, брюки, жилет

Проектируемый комплект относится к новой категории специальной одежды, сертификация которого позволит применять его в различных агрессивных условиях производства и при этом защищать внутренние органы тела человека от вредного акустического воздействия. Жилет соответствует проектируемому размеру, форме тела, пропорциям, характеру выполняемых движений, обеспечивает необходимое тепловое состояние организма, защищает тело от неблагоприятных климатических воздействий и загрязнений и не вызывает отрицательную реакцию и неприятные симптомы усталости, тремора внутренних органов тела человека. Кроме того, изделие отличается комфортностью надевания и снятия.

Немаловажно, что проектируемый комплект включает и такие функциональные элементы, как карманы, светоотражающую полосу, которая

обеспечивает дополнительную нагрузку безопасности. Композиционное решение разработанного комплекта, места расположения, количество и форма карманов, застежек, элементов отделки одежды, цвет материала, наличие капюшона подчеркивает соответствие корпоративному стилю, что является неотъемлемой частью имиджа предприятия. Именно корпоративный стиль делает ту или иную компанию узнаваемой потребителями.

4.3 Исследование свойств разработанного шумозащитного комплекта в реальных условиях

С целью подтверждения эффективности шумозащитных свойств комплекта проведены его натурные исследования на газораспределительной станции «Ставропольская». Измерения производственного шума проходили согласно ГОСТ 8.010-90 ГСИ. Методики выполнения измерений, ОСТ 51.137-85 «Здания и сооружения предприятий газовой промышленности, измерения шума на рабочих местах».

Разработан акустический комплекс для исследования шумозащитных свойств комплекта одежды с учетом температуры окружающей среды и температуры в пододежном пространстве [165-168]. Акустический комплекс состоит из датчиков шума типа микрофонов, которые располагаются один на поверхности изделия и второй - в пододежном пространстве. Ограничение использования всего двумя датчиками связано с эффектом спутывания сигнала и громоздкостью оборудования. Датчики шума подсоединены к персональному компьютеру, где сигнал, поступающий от них, обрабатывается программой – двухканальный компьютерный комбинированный анализатор спектра «OscilloMeter 7.30 - Demo». Программа соответствует рекомендациям Международной электротехнической комиссии, Международного консультативного комитета по радиовещанию (CCIR-468-2/DIN45405), ANSI/IEEE743-1384. Особенности

обработки результатов, полученных в данной программе, рассмотрены ниже. Показания внешнего и внутреннего датчика обрабатывались и выводились на рабочий стол-интерфейс программы. Использование на данном этапе исследований компактного микрофона и компьютерной программы вместо шумомера обусловлено невозможностью его размещения в пододежном пространстве из-за больших габаритных размеров.

Проведение эксперимента осуществлялось в следующем порядке [2, 4]:

1. Подготовка оператора к исследованиям – на исследуемом участке тела оператора закрепляется микрофон; оператор одевается в комплект шумозащитной одежды и заполняет анкету, в которой отражает уровень комфорта при одевании (таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Анкета удобства одевания и свободы движения в комплекте

Удобство одевания	Отметка	Свобода движения	Отметка
Комплект одевается без затруднений		Комплект абсолютно не стесняет движения корпусом, а также в плечевом, локтевом, тазобедренном и коленном суставах	
Отдельные элементы комплекта одеваются с затруднением (указать какие)		Комплект несущественно стесняет движения в одном-двух суставах (указать в каком(-их))	
Все элементы комплекта одеваются с затруднением		Комплект несущественно стесняет движения во всех суставах	
		Комплект значительно стесняет движения в одном-двух суставах (указать в каком(-их))	
		Комплект значительно стесняет движения во всех суставах	

2. Оператор компрессорной станции в течении 30...40 минут находится в шумозащитном комплекте в реальных климатических условиях в состоянии покоя и заполняет вторую анкету (таблица 4.4).

Таблица 4.4 – Анкета теплового комфорта в пододежном пространстве

Степень теплового комфорта в пододежном пространстве	Отметка
Нахождение в комплекте обеспечивает комфортное состояние	
Нахождение в комплекте не обеспечивает комфортное состояние (в костюме прохладно)	
Нахождение в комплекте не обеспечивает комфортное состояние (в комплекте холодно)	
Нахождение в комплекте не обеспечивает комфортное состояние (в комплекте умеренно жарко)	
Нахождение в комплекте не обеспечивает комфортное состояние (в комплекте жарко)	

3. В течении 1 часа оператор выполняет действия, соответствующие его работе. По истечению данного времени заполняется соответствующая анкета (таблица 4.5).

Таблица 4.5 – Анкета теплового комфорта и свободы движения в комплекте

Степень теплового комфорта в пододежном пространстве	Отметка	Свобода движения при выполнении работы	Отметка
Работа в комплекте обеспечивает комфортное состояние		Комплект абсолютно не стесняет движения корпусом, а также в плечевом, локтевом, тазобедренном и коленном суставах	
Работа в комплекте не обеспечивает комфортное состояние (в комплекте прохладно)		Комплект несущественно стесняет движения в одном-двух суставах (указать в каком(-их))	
Работа в комплекте не обеспечивает комфортное состояние (в комплекте холодно)		Комплект несущественно стесняет движения во всех суставах	
Работа в комплекте не обеспечивает комфортное состояние (в комплекте умеренно жарко)		Комплект значительно стесняет движения в одном-двух суставах (указать в каком(-их))	
Работа в комплекте не обеспечивает комфортное состояние (в комплекте жарко)		Комплект значительно стесняет движения во всех суставах	

4. В состоянии покоя фиксируются показания внешнего и внутреннего датчиков (микрофонов) шума на расстоянии 1м от источника шума.

5. Микрофон закреплялся на следующей исследуемой зоне и все перечисленные выше этапы повторялись.

Замеры проводились в следующих зонах пододежного пространства.

- брюшная область;
- грудной отдел;
- поясничный отдел;
- коленный сустав (со стороны коленной чашечки);
- локтевой сустав (с наружной стороны);
- затылочная часть головы;
- паховая область.

Человек, одетый в шумозащитный комплект, находился вблизи газораспределительной станции в непосредственном месте расположения обслуживающего персонала. В указанные выше зоны пододежного пространства комплекта помещался компактный проводной микрофон АРУ М3001. Миниатюрный активный микрофон предназначен для обеспечения качественного звука в системах видеонаблюдения и подсистемах аудиоконтроля. Компактный микрофон имеет надёжный разъем для подсоединения гибкого шлейфа с разъемом питания и линейного выхода в виде RCA разъема. Рабочая частота: 20...16000Гц. Чувствительность капсуля: -44дБ ± 3дБ (при 1,000Гц). Размеры микрофонного модуля в диаметре 5 мм, микрофонный кабель, длина 145 см. Вес - 8 гр. Условия эксплуатации: рабочая температура от минус 35 °С до +55 °С. Температура хранения от минус 40 °С до +70 °С. Относительная влажность 95 %, без конденсации при +40 °С. Разъем микрофона подключался к ноутбуку с установленной на нем программой «OscilloMeter 7.30 - Demo»[169].

В процессе обработки сигнала, поступающего с микрофона, человек не двигался, чтобы не создавать дополнительный шум от трения одежды о микрофон. Объемный спектр, выводимый на экран, отражает динамику исследуемого процесса в течение прошедших 5 секунд. Для фиксации объемного спектра подбирался момент, когда программа в течении 5 секунд

отображала максимально стабильные результаты (без резких скачков). После обработки сигнала и его фиксации в виде графического изображения программа выключалась, местоположение микрофона менялось и измерение проводилось снова.

В результате натуральных исследований с использованием программы «OscilloMeter 7.30 - Demo» получены объемные (трехмерные) спектры звукового сигнала, представленные в на рисунке 4.16-4.18. Следует отметить, что на представленных спектрах по вертикальной оси отложено электрическое напряжение сигнала с микрофона (в децибелах), по горизонтальным осям соответственно частота звука и время измерения.

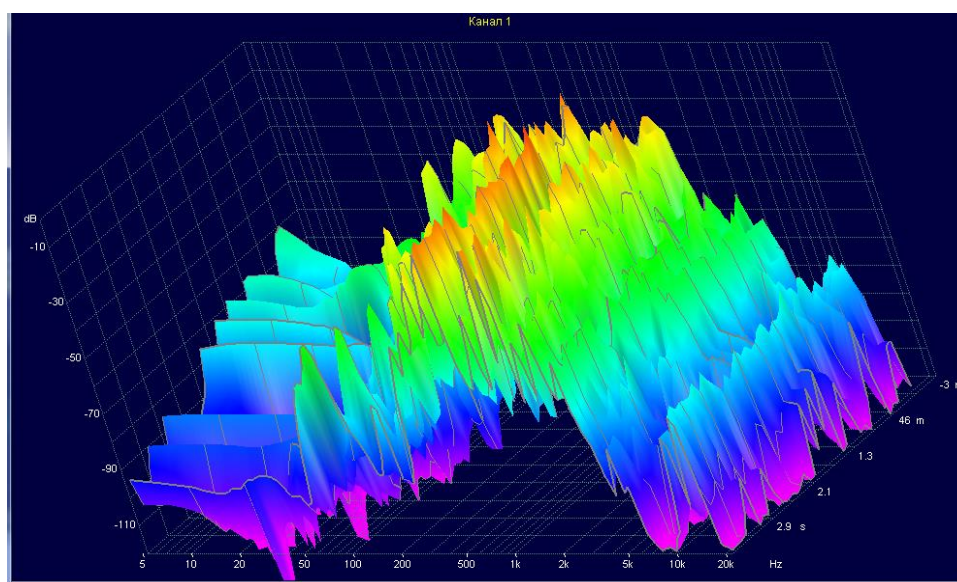
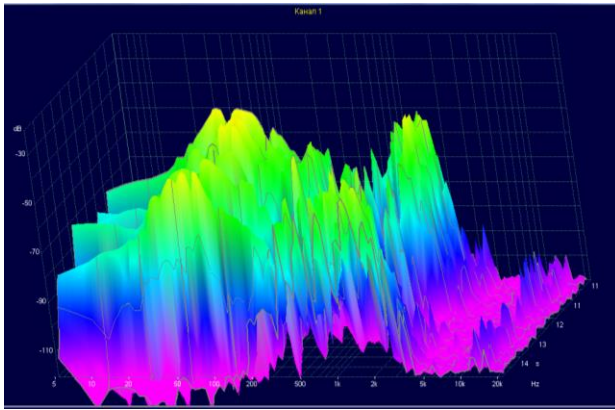
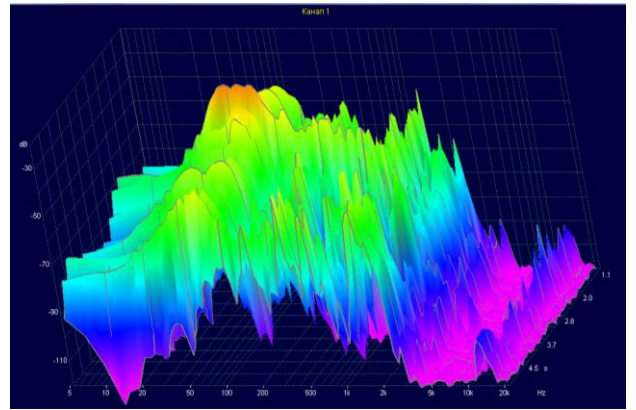


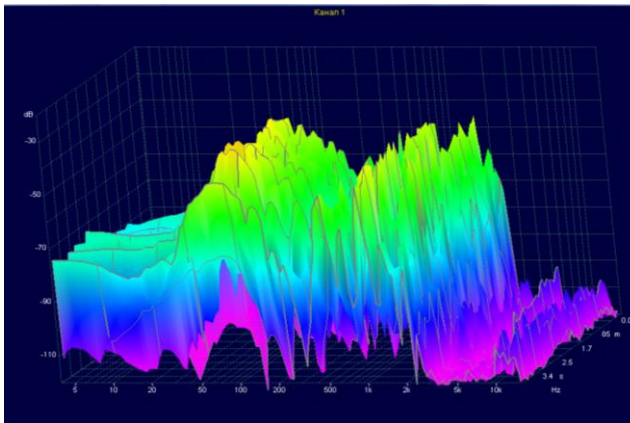
Рисунок 4.16 – Объемный спектр звукового сигнала в зоне обслуживания газораспределительной станции



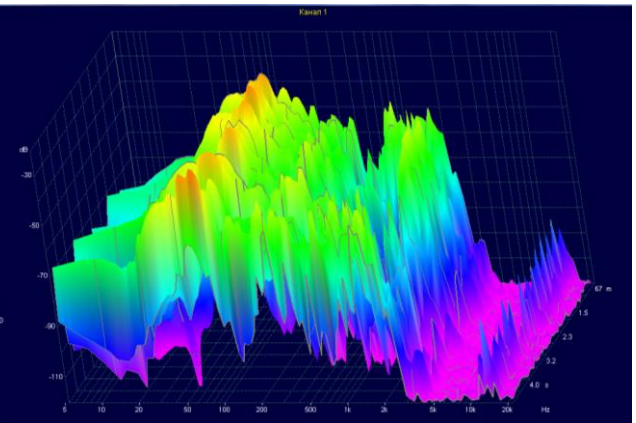
а)



б)



в)



г)

Рисунок 4.17 – Объемные (трехмерные) спектры звукового сигнала, полученные в различных зонах пододежного пространства: а) брюшная область; б) грудной отдел; в) поясничный отдел; г) коленный сустав.

Таблица 4.6 - Значения децибел «по напряжению» для различных защищаемых участков тела (соответствующие частоте звука 1000 Гц)

Место измерения	Характеристики сигнала	
	Децибелы «по напряжению» (общая мощность), дБ	Величина снижения шума, дБ
На рабочем месте (без костюма)	-7,1	---
Брюшная область	-45,9	38,8
Грудной отдел	-42,2	35,1
Поясничный отдел	-44,3	37,2
Коленный сустав	-24,0	16,9
Локтевой сустав	-24,3	17,2
Затылочная часть головы	-19,9	12,8
Паховая область	-42,1	35

Значения величины снижения шума, соответствующие частотам 500 и 200 и 50 Гц, представлены в таблице 4.7

Таблица 4.7 – Значения величины снижения шума при использовании шумозащитного комплекта для различных частот звука

Участок тела	Величина снижения шума (дБ) при частоте звука			
	1000 Гц	500 Гц	200 Гц	50 Гц
Брюшная область	38,8	30,3	18,3	7,6
Грудной отдел	35,1	27,6	15,9	6,6
Поясничный отдел	37,2	28,0	16,2	6,7
Коленный сустав	16,9	13,2	7,7	3,2
Локтевой сустав	17,2	13,0	7,6	3,3
Затылочная часть головы	12,8	9,7	5,8	2,4
Паховая область	35	26,9	15,9	6,5

Особенностью экспериментальных данных, полученных с помощью программы «OscilloMeter 7.30 - Demo» является то, что величина, откладываемая по вертикальной оси в децибелах, отображает не уровень звукового давления, а электрическое напряжение сигнала с микрофона. Данная особенность отрицательно не сказывается на результатах исследования. Для подтверждения этого факта рассмотрена физическая величина - децибел (Приложение Л).

Подробный анализ полученных зависимостей с учетом динамики в 2-х и 3-х осевой системе координат позволяет сделать следующие выводы:

- максимальный шумозащитный эффект наблюдается в области средних и высоких частот, в частности на частоте 1000 Гц - 38,8...35,0 дБ, на частоте 500 Гц - 30,3...28,0 дБ;

- ВСШ в области низких частот составляет на частоте 200 Гц - 18,3...16,2 дБ, на частоте 50 Гц – 7,6...6,7 дБ, что объясняется высокой проникающей способностью звуковых волн низких частот (инфразвука);

- при использовании разработанного шумозащитного комплекта обеспечиваются требования эргономики в соответствии с ГОСТ Р ЕН 340-2010;

- при использовании разработанного шумозащитного комплекта обеспечиваются комфортные условия работы за счет достаточной терморегуляции тела человека.

Также определение массы проектируемого комплекта, которая составила 3,90 кг (для базового размера), даёт возможность утверждать, что изделие является комфортным при сохранении своей основной целевой шумозащитной функции.

Полученные экспериментальные значения ВСШ соответствуют результатам расчетов программой выбора рационального пакета материалов.

Комплект прошел производственную апробацию и внедрен в производство на предприятии ОАО «Газпром» «Газпром-трансгаз Ставрополь» в количестве 50 единиц, ООО ЧОП «Тафри-охрана» в количестве 100 единиц, ООО «Санмаркивест» в количестве 100 единиц. Акты внедрения результатов проектирования специального шумозащитного комплекта для защиты от пониженных температур представлены в Приложении Н.

4.4 Социально-экономический эффект от использования шумозащитных комплектов в промышленности

Разработка шумозащитного комплекта, как и любого другого технического решения требует экономического обоснования и оценки целесообразности его использования в промышленности [170].

Внедрение на конкретные промышленные предприятия таких индивидуальных средств защиты от шума как шумозащитные комплекты требует определенных материальных затрат [171].

Положительный эффект от использования шумозащитных комплектов, как и от любого другого средства индивидуальной защиты от шума, заключается в сохранении здоровья рабочего персонала, находящегося во вредных или опасных условиях труда (ФЗ №426-ФЗ).

Использование шумозащитного комплекта совместно с традиционными СИЗ от шума (при долговременной работе в условиях производственного шума, превышающем допустимые значения) приводит к следующим группам положительных эффектов [172,173]:

- медицинским;
- экономическим;
- производственным.

Медицинские эффекты заключаются в следующем:

- снижается интенсивность негативного воздействия опасных уровней производственного шума на все системы организма человека и в первую очередь на центральную нервную систему;

- снижается вероятность возникновения профессиональных заболеваний внутренних органов человека;

- при уже имеющихся заболеваниях внутренних органов у работника, негативные условия труда не оказывают усугубляющего действия.

Экономические эффекты от использования в промышленности разработанного шумозащитного комплекта включают в себя две составляющие краткосрочную и долгосрочную [174-175].

Краткосрочный экономический эффект заключается в снижении расходов на специальную одежду рабочего и связан с увеличением срока эксплуатации одежды (использование разработанного шумозащитного комплекта требует менее частой его замены, по сравнению с используемыми в промышленности в настоящее время).

Долгосрочный экономический эффект от использования шумозащитного комплекта достигается за счет снижения возможных расходов, связанных с возникновением профессиональных заболеваний у рабочих.

Следует отметить, что использование в промышленности прогрессивных средств охраны труда и здоровья напрямую не приводит к снижению видов обеспечения по страхованию (пособия по временной нетрудоспособности, единовременной и ежемесячной страховой выплат, оплаты дополнительных расходов на медицинскую, социальную и профессиональную реабилитацию) и страховых взносов, отчисляемых в фонд социального страхования РФ страхователем (организацией) [176]. При этом единственной выплатой, производимой страхователем в отношении работника, с которым произошел страховой случай, является возмещение морального вреда.

Таким образом, долгосрочный экономический эффект от использования шумозащитных комплектов в промышленности заключается в снижении вероятности повышения страховых выплат, вызванных страховым случаем, связанным с профессиональными заболеваниями. Важно отметить, что наступление подтвержденного страхового случая, помимо затрат на компенсацию морального труда может привести к повышению страховых выплат на последующие три года за счет отмены скидок либо назначения надбавок к страховым тарифам [177].

Производственные эффекты от использования шумозащитных комплектов в промышленности напрямую связаны с медицинскими и являются их следствием. В частности, снижение негативного влияния шума на центральную нервную систему приводит к стабильности уровня производительности труда и снижению риска несчастного случая на производстве (поскольку увеличивается концентрация внимания, снижается утомляемость, раздражительность) [178,179].

Медицинские, экономические и производственные эффекты от использования шумозащитных комплектов в промышленности наглядно представлены на рисунке 4.19.



Рисунок 4.19– Социально-экономический эффект от использования шумозащитных комплектов в промышленности

ВЫВОДЫ К ГЛАВЕ 4

1. Разработана модельная конструкция шумозащитного комплекта и технология его изготовления, в соответствии с которой изготовлена опытная модель. В результате аналитического обзора современной литературы и проведенных исследований определены места расположения шумозащитных вставок и накладок для проектируемого комплекта, их конфигурация, размеры и состав, а также предложен инновационный способ их изготовления.

2. Предложены рациональные прибавки для проектирования шумозащитного комплекта, также предложен принципиально новый подход в составлении многослойных конструкций для проектирования шумозащитного жилета, который, при сохранении основной функции шумозащиты, остается легким, эргономичным.

2. Разработана методика проведения исследований на соответствие заданным критериям разработанного шумозащитного комплекта в реальных условиях на объекте газовой промышленности. По их результатам 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 на 10-15 дБ превышает результаты шумозащиты аналогов комплекта, представленных в аналитическом обзоре.

3. В ходе исследований установлено, что разработанный комплект обеспечивает требования эргономики (по ГОСТ Р ЕН 340-2010) и необходимый тепловой комфорт в пододежном пространстве.

4. Выделены три составляющие социально-экономического эффекта от использования шумозащитных комплектов в промышленности: медицинский, экономический и производственный. Анализ социально-экономического эффекта, возникающего при внедрении на предприятии прогрессивных средств охраны труда и здоровья, показывает, что

доминирующую роль занимает здоровьесберегающий эффект, являющийся наивысшей ценностью при проектировании любых средств индивидуальной защиты.

5. Установлено, что экономический эффект от внедрения на предприятии шумозащитных комплектов имеет накопительный характер, и в последующие годы использования комплектов становится весьма существенным, за счет снижения возможных расходов, связанных с возникновением профессиональных заболеваний у рабочих.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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 СОКРАЩЕНИЙ

ГТС – Газотранспортная система

СИЗ – Средства индивидуальной защиты

ТЭЦ – Теплоэлектроцентраль

ТЭС – Тепловая электростанция

ГРП – Газораспределительное помещение

ГПА – Газоперекачивающие агрегаты

ВО – Водоотталкивающая отделка

МВО – Маслородоотталкивающая отделка

НМВО – Нефтемаслородоотталкивающая отделка

ГЗ – Генератор звука

ВСШ – Величина снижения шума

ИГП – Изменение геометрии поверхности материалов

КМ – Композиционный материал

МК – Модельная конструкция

САПР – Система автоматизированного проектирования одежды

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корпоративный журнал ОАО «Газпром» №3 2014 г. URL: <http://www.gazprom.ru/f/posts/00/302817/gazprom-annual-report-2014-ru.pdf> (дата обращения 20.08.2014 г.).
2. СТО Газпром 2-3.5-040-2005. Типовая методика акустических испытаний опытных и серийных образцов газоперекачивающих агрегатов (2-3.5-042-2005 (каталог шумовых характеристик газотранспортного оборудования).
3. СТО Газпром 2-3.5-043-2005. Защита от шума технологического оборудования ОАО «Газпром».
4. СТО Газпром 2-3.5-041-2005. Методика расчета уровня шума от компрессорных станций.
5. Андреева-Галанина, Е. Ц. Шум и шумовая болезнь / Е. Ц. Андреева-Галанина, С. В. Алексеев, А. В. Кадыскин, Г. А. Суворов. – Л.: Медицина, 1970. – 304 с.
6. Белов, С. В. Техносфера: аспекты безопасности и экологичности / С.В. Белов // Вестник МГТУ. – 1998. – сер. ЕН.№1.
7. Иванов, Н. И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: учебник для вузов, обучающ. по направлению «Безопасность жизнедеятельности» / Н. И. Иванов. – М.: Логос, 2008. – 258 с.
8. Промышленная карта Российской Федерации. URL: <http://город-на-карте.рф> (дата обращения 19.10.2014).
9. Юдин, Е. Я. Борьба с шумом на производстве: Справочник / Е. Я. Юдин, Л. А. Борисов, И. В. Горенштейн и др.; под общ. ред. Е. Я. Юдина. – М.: Машиностроение, 1985. – 400 с.
10. Авринский, А. В. Шумы и вибрации механизмов: для студентов высших учебн. заведений, обучающихся по направлению подготовки дипломир. спец. 180300(653100) «Корабельное вооружение» в качестве учебн. пособия / А. В. Авринский, И.К. Пименов. – СПб.: СПбГМТУ, 2007. – 316 с.

11. Тупов, В. Б. Снижение шумового воздействия от оборудования в энергетике / В. Б. Тупов. – М.: 2004. – 244 с.
12. Энциклопедия «Экометрия». Контроль физических факторов окружающей среды, опасных для человека. Научные редакторы В. Н. Крутиков, Ю. И. Брегадзе, А. Б. Круглов. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 459 с.
13. Каталог шумовых характеристик технологического оборудования (к СНиП П-12-77) НИИСФ Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1988. – 152 с.
14. Долженко, В. Н. Шум и вибрация: Учебное пособие / В. Н. Долженко, А. А. Фокин, С. М. Кокин; под ред. Д. Н. Тихоньчева. – М.: РГОТУПС, 2003. – 234 с.
15. Славин И. И. Производственный шум и борьба с ним / И. И. Славин. – М.: Издательство ВЦСПС, Профиздат, 1955. – 335 с.
16. СанПиН 2.2.1/2.1.1.567-96. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. – М.: Минздрав России, 1997.
17. Иванов, Н. И. Инженерная и санитарная акустика: сборник нормативно-технических документов / Н. И. Иванов. – СПб.: Компания «Интеграл», 2008. – 822 с.
18. Ершов, М. С. Электрооборудование и станции управления технологических установок механизированной добычи нефти: учебное пособие для студентов высш. уч. заведен., обуч. по специальности 130602. «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов» / М. С. Ершов. – М.: Недра, 2008. – 159 с.
19. Курчавова, Т. П. Измерение вибрации машин на производстве / Т. П. Курчавова. – СПб.: Университет экономики и финансов, 1991. – 126 с.
20. Осипов, Г. Л. Акустические измерения в строительстве / Г. Л. Осипов, Д. З. Лопашев, Е. Н. Федосеева. – М.: Стройиздат, 1993. – 95 с.
21. Сулейманов, М. М. Борьба с шумом и вибрацией в нефтяной промышленности / М. М. Сулейманов, Р. М. Мусаэлянц и др. – М.: Недра, 1982. – 225 с.

22. Терехов, А. Л. Снижение шума на компрессорных станциях в газовой промышленности: уч. пособие для системы непрерывного фирменного профессионального обучения ОАО «Газпром» / А. Л. Терехов, Е. Н. Власов. – М.: Газпром, 2008. – 120 с.

23. Газарян, Г. С. Защита персонала нефтегазопромысловых сооружений от шума и вибрации: справочное пособие / Г. С. Газарян, Л. И. Вечхайзер. – М.: Недра, 1987. – 148 с.

24. Официальный сайт ФГБУ «Северо-Западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» URL: <http://www.meteo.nw.ru>. (дата обращения 15.05. 2014).

25. Сигаев, А. Л. Актуальные проблемы защиты человека-оператора от производственных вибраций и шумов / А. Л. Сигаев. – Киев: Знание УССР, 1981. – 184 с.

26. Алексеев, С. В. К вопросу о влиянии шума со сплошным спектром на некоторые физиологические функции организма / С. В. Алексеев, Г. А. Суворов // Гигиена труда. – 1965. – №6. – С. 8-10.

27. Измеров, Н. Ф. Человек и шум / Н. Ф. Измеров, Г. А. Суворов, Л. В. Прокопенко. – М.: ГЭОТАР-МЕД, 2001. – 324 с.

28. Красовский, В. О. Гигиена при воздействии производственного шума: уч. пособие / В. О. Красовский, Г. Г. Максимов. – Уфа: изд-во ГОУ ВПО БГМ Росздрава, 2008. – 125 с.

29. Картапольцева, Н. В. Оценка клинико-функциональных изменений нервной системы при воздействии локальной вибрации и шума на работающих: дис. канд. мед. наук: 14.01.50 / Картапольцева Наталья Валерьевна. – Иркутск, 2008. – 164 с.

30. Романова, Ю. В. Иммунный статус лиц, занятых на производстве стройматериалов в условиях Крайнего Севера: дис. канд. биолог. наук 14.00.50 / Романова Юлия Викторовна. – Надым, 2004. – 140 с.

31. Докшин, М. С. Факторы кардиоваскулярного риска среди населения, проживающего вблизи взлетно-посадочной полосы аэропорта, образовательные

технологии их коррекции: дис. канд. тех. наук: 14.01.05 / Докшин Максим Сергеевич. – Челябинск, 2012. –

32. Галлямова, С. А. Факторы риска и особенности формирования нервно-мышечных нарушений у рабочих нефтяников: автореф. дис. канд. мед. наук: 14.01.50 / Галлямова Светлана Анифовна. – Москва, 2005 – 18 с.

33. Borman Volker, Bundesarstalf fur Arbeitsschuts und Arbeitsmedizin / Borman Volker. – Dortmund, 2008. – 231 с.

34. Риклефс, И. М. Состояние функциональных систем человека при действии шума и вибрации и возможности биоуправления по частоте сердечных сокращений как средства реабилитации: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.13/Риклефс Ирина Матвеевна. – СПб., 1991. – 20 с.

35. Колосов, Ю. В. Защита от вибрации и шума на производстве: учебное пособие / Ю. В. Колосов, В. В. Барановский. – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2011. – 38 с.

36. Кацай, В. В. Влияние шума электрооборудования на электротехнические характеристики тела человека: дис. канд. тех. наук: 14.01.05 / Кацай Виктория Владимировна. – Челябинск, 2007. – 109 с.

37. Власов, В.Н. Экспериментальное изучение комбинированного воздействия общей вибрации и шума / В. Н. Власов // Вопросы гигиены труда, воздействия профпатологии и токсикологии (Сб. науч. тр. МНИИГ им. Ф.Ф. Эрисмана). – М., 1990. – С. 19-24.

38. Рукавишников, В. С. Определение функционального состояния периферической нервной системы у больных вибрационной болезнью и профессиональной нейросенсорной тугоухостью по показателям электронейромиографии / В.С. Рукавишников, О.Л. Лахман, Н.В. Картапольцева и др. // Мед. труда и пром. экология. – 2008. – № 1. – С.10-17.

39. Залаева, С. Ш. Производственная санитария и гигиена труда. Часть 1. Производственное освещение. Вибрация: учебное пособие / С. Ш. Залаева, О. А. Рыбка. – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2008. – 165 с.

40. Жидецкий, В.Ц. Основы охраны труда: учебник / В. Ц. Жидецкий, В. С. Джигирей, А. В. Мельников. – 2-е изд., доп. – Львов: Афиша, 2000. – 351 с.

41. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы.

42. СН 2.2.4/2.1.8.583-96. Инфразвук на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки.

43. СанПиН 2.2.4./2.1.8.582-96. Гигиенические требования при работах с источниками воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения.

44. Суворов, Г.А. Гигиеническое нормирование производственных шумов и вибраций / Г. А. Суворов, Л. Н Шкаринов, Э. И. Денисов. – М.: Медицина, 1984 – 240 с.

45. Терехов, А. Л. Нормирование шума газотранспортного оборудования в России и за рубежом / А. Л. Терехов, М. Н. Дробаха. – М.: ИРИ Газпром, 2007 – 89 с.

46. Цыганов, В. И. Влияние вибрации и шума на капилляры головного мозга крыс: автореф. дис. канд. мед. наук: 14.00.23 / Цыганов Василий Иванович. – Владивосток, 1987–21 с.

47. Pankok Steffen, Bundesarstalf fur Arbeitsschuts und Arbeitsmedizin (Dortmund); Влияние длительной вибрации на профессиональную заболеваемость поясничного отдела позвоночника, Brenerhaven: Wirbschaftsverl, 2000 – 184 с.

48. Суворов, Т.А. Функциональные и структурные нарушения в надпочечниках как эффект акустического воздействия «Новости клинической цитологии России»/ Т. А. Суворов, В. Г. Овакимов– 1997.–Т,1, №2. – 77-81 с.

49. Измеров, Н.Ф. Распространенность сердечно-сосудистых расстройств и фактора риска у женщин, работающих в условиях производственного шума Гигиена труда и профессиональные заболевания/ Н.Ф. Измеров., А.Б. Вермель, Е.М. Кочанова и др.– 1986. – №6 –4-7 с.

50. Измеров, Н. Ф., Суворов Г. А. Состояние и перспективы развития исследований по проблеме профилактики неблагоприятного воздействия

производственных шумов и вибрации. Гиг. и санит./ Н.Ф. Измеров, Г.А. Суворов –1988, 9. –4-6 с.

51. Артамонова, В. Г., К вопросу о состоянии желудочно-кишечного тракта при вибрационной болезни. Вибрация и шум на производстве, их влияние на организм и борьба с ними/ В.Г. Артамонова –Л. 1960. – 73-76.

52. Хвингия, М.В., Колебания мышцы и динамика системы «Человек-машина»/ М. В. Хвингия, Т. Г. Татишвили, А.М. Багдоева, Г.Т. Цулая – Тбилиси: Мецниереба, 1984. – 48 с.

53. Боброва, С. В., Патоморфологическое и клинико-эндоскопическое исследование желудка при вибрационной болезни: автореф. дис. к.м.н. [Текст]/ Боброва Светлана Викторовна – Новосибирск, 1997. – 25 с.

54. Боголепов, Н.К., Черненко Н.И. Сердечно-сосудистые нарушения у больных вибрационной болезнью. Клин. мед./ Н.К. Боголепов, Н.И. Черненко 1978.- №1.28-33 с.

55. Шаталов, Н.Н. Состояние сердечно-сосудистой системы при воздействии интенсивного производственного шума: автореф. дис. / Шаталов Николай Николаевич – Л., 1971. – 28-32 с.

56. Комова, А.Д. Измерение некоторых показателей энергетического обмена при действии шумов различного характера: автореф. дис. / Комова Анастасия Дмитриевна, – М., 1971 г. – 24-28 с.

57. Бутуханов, В.В., Суворов Г.А., Биоэлектрические явления в скелетных мышцах после воздействия стабильного и импульсного шума. Гигиена и санитария/ В.В. Бутуханов , Г.А. Суворов –Москва, 1971. № 10, – 32-35 с.

58. Картапольцева, Н. В.,Изменение вегетативного тонуса у рабочих виброопасных профессий / Н.В. Картапольцева, П.В. Казакова, В.А. Антонов // Молодые ученые в медицине: тезисы докладов X Всеросс. научно-практической конференции.– Казань, 2005. – 90-91 с.

59. Зеленъ, Р.П. Особенности функционального состояния сердечнососудистой системы при вибрационной болезни Физические факторы

производственной среды: Труды Ленинградского сан.-гигиен. медиц. Института/ Р.П. Зеленъ. –Л., 1972. –58-60 с.

60. Кайшибаев, С. К., Вегетативно-сосудистые и нейро-гуморальные нарушения при вибрационной болезни у горнорабочих: автореф. дис. докт. мед. наук/ Кайшибаев, Смагул Кайшибаевич, – Алма-Ата, 1974. –34 с.

61. Карпов, В.Н., Клинико-морфологическое исследование желудка и тонкой кишки у больных вибрационной болезнью: автореф. дисс. к.м.н./ Карпов, Василий Николаевич, – Москва. 1998. – 24 с.

62. Клейнер, А.И., Попова Т.Б., Влияние профессионально-производственных факторов на органы пищеварения Руководство по профессиональным заболеваниям Под редакцией Н.Ф. Измерова./ А.И. Клейнер, Т.Б. Попова –М.: Медицина, 1983. –353-365с.

63. Sakakibara H., Akamatsu Y., Miyao M. et al. Correlation between vibration-induced white finger and symptoms of upper and lower extremities in vibration syndrome. *Int. Arch. Occup. Environ. Health.* 1988. V.60, 4. -P.285289

64. Ekenvall L., Carlsson A. Vibration white finger: a follow up study. *Brit. J. Industr. Med.* 1987. V.44, 7. P.476-478 p.

65. Суворов, Г.А., Артамонова В.Г. Современные аспекты этиологии, патогенеза, клиники и профилактики вибрационной болезни от локальной вибрации./ Г.А. Суворов, В.Г. Артамонова – М.,1992г. – 28-32 с.

66. Сухаревская, Т.М., Лосева М.И., Самарская Г.Н. и др. Физическая работоспособность у больных вибрационной болезнью. Гигиена труда и проф. забол./ Т.М. Сухаревская, М.И. Лосева, Г.Н. Самарская –М., 1990. – С.28-31 с.

67. Тарасова, Л.А., Остапкович, В.Е., Комлева, Л.М., Лагутина, Г.Н., Клинические аспекты профессиональной патологии от воздействия шума и вибрации./ Л.А. Тарасова, В.Е. Остапкович, Л.М.Комлева, Г.Н. Лагутина –Тер. арх., 1988 г. Т.60, 9. –84-87 с.

68. Куклин, Д. А., Экспериментально-аналитическая методика разделения вклада источников шума с целью разработки шумозащиты, на примере

строительно-дорожных машин: Дисс. к.т.н./ Куклин, Денис Александрович, – СПб, 2002 – 26 с.

69. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки.- М.: Минздрав России, 1997

70. СН 2.2.4/2.1.8.583-96. Инфразвук на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки. М.: Минздрав России, 1997

71. Назаренко, В. И., Гигиеническое значение повышенной индивидуальной чувствительности к производственному шуму и общей низкочастотной вибрации. / В. И. Назаренко – Киев, 1991. –18с.

72. Суворовым Г.А., Овакимовым В.Г., Морфофункциональные изменения в поджелудочной железе при воздействии низкочастотного акустического спектра «Новости клинической цитологии России./ Г.А. Суворовым, В.Г.Овакимовым – М., 1997.-Т.1,№3. – 116-118 с.

73. Хлопина, Н. Г., Воздействие ИЗ на ткани некоторых внутренних органов // Гистогенетический анализ изменчивости и регенерации тканей: Материалы науч. совещ., посвящ 100-летию со дня рожде/ Н.Г. Хлопина, В.Г. Овакимовым– СПб., 1997. – 67с.

74. Свидовый, В. И. Сочетанное воздействие шума и инфразвука на организм, проблемы гигиенического нормирования и профилактики: автореферат дисс доктора медицин. наук: 14.00.07/ Свидовый Василий Иванович, – СПб, 1994 – 50с.

75. Чедд, Г., Звук. Перевод с английского Г.И. Кузнецова. Под редакцией и с предисловием С.Б. Гуревича / Г. Чедд – М.: Мир. 1975 г. –206 с.

76. Белов, С.В., Девясилов, В.А., Козьяков, А.Ф. и др. Безопасность жизнедеятельности Учебник для средних специальных учебных заведений / Под общ. ред. С.В. Белова. –3-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк., 2003, – 357 с.

77. Общие закономерности формирования неспецифических патогенетических механизмов при воздействии на организм физических

факторов производственной среды /В.С.Рукавишников, В.А.Панков, Н.В.Картапольцева // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН.-2000.-№2(16). –79-81 с.

78. Авиационная медицина [Текст] / Под общ. ред. А. Н. Бабийчука. – М.: ДОСААФ, 1979. – 247 с.

79. Исаков, П.В., Теория и практика авиационной медицины/ Исаков, П.В., Иванов, Д.И., Попов, И.Г., Рудный, Н.М, Саксонов, П.П., Юганов, Е.М издательство «Медицина» ,М., 1971 г –395 с.

80. Куралесин, Н.А., Научные основы регламентации инфразвука в медицине труда (медико-биологические аспекты). Гигиена: диссертация докт мед наук., 14.00.07/ Куралесин, Николай Алексеевич, – Москва 1997–227 с.

81. Газарян, Г. С. Защита персонала морских нефтегазопромысловых сооружений от шума и вибрации: Справочное пособие / Г. С. Газарян, Л. И. Вечхайзер. – М.: Недра, 1987. – 270 с.

82. Терехов, А. Л. Современные методы снижения шума ГПА / А. Л. Терехов, М. Н. Дробаха. Под ред. Р. О. Самсонова. – СПб.: «Недра», 2008. – 368 с.

83. Шукиялис, А.В., Охрана работников промышленных предприятий от вибрации и шума / А.В Шукиялис – Институт повышения квалификации специалистов народного хозяйства Лит ССР, Вильнюс: Мин-во высшего и средне спец образования Лит ССР, 1987–21 с.

84. Медведев В. Т., Обеспечение безопасности и комфортности жизнедеятельности человека путем снижения негативного влияния вибрации и шума электрических машин на окружающую среду Рег номер 97-7933А: автореф. к.м.н./ Медведев Виктор Тихонович, – Москва, 1997–46 с.

85. Сигаев А. Л., Актуальные проблемы защиты человека-оператора от производственных вибраций и шумов/ Сигаев А. Л., – Киев.: о-во «Знание» УССР, 1981–254 с.

86. Кокеткин, П.П. Промышленное проектирование специальной одежды [Текст] / П.П.Кокеткин, З.С.Чубарова, Р.А.Афанасьева. – М.: Легкая и пищевая промышленность,1982. – 182с.]. Согласно действующему трудовому

законодательству [Трудовой кодекс Российской Федерации: Статья 221 ТК РФ: ред. от 01.01.2014.– М.: Изд-во «Эксмо», 2014.– 224 с.

87. Сурженко Е. Я., Теоретические основы и методическое обеспечение эргономического проектирования специальной одежды, диссертация/ Сурженко Евгений Яковлевич, СПб, 2001 – 416 с.

88. О реализации государственной политики в области условий и охраны труда в Российской Федерации в 2012 году: доклад // Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации.– М., 2013– 44 с.

89. Goldman R.F., Kampmann B. Handbook on clothing: Biomedical Effects of Military Clothing and Equipment Systems. 2007.– URL: <http://www.environmentalergonomics.org/Handbook> (дата обращения: 5.02.2014).

90. ГОСТ 12.4.016-83 ССБТ. Одежда специальная защитная. Номенклатура показателей качества.– Введ. 01.07.1984.– М.: ИПК Изд-во стандартов, 2001.– 3 с.

91. ГОСТ 12.4.103-83 ССБТ. Одежда специальная защитная, средства индивидуальной защиты ног и рук. Классификация.– Введ. 01.07.1984.– М.: ИПК Изд-во стандартов, 2001.– 7 с.

92. Мычко А. А., Разработка методов оценки защитных свойств и выбора текстильных материалов для специальных изделий в экстремальных условиях, Док.дис/ Мычко Анатолий. Андреевич., Северодонецк ,1997–568 с.

93. Разуваева С. В., Разработка метода комплексной оценки и исследование показателей качества тканей для специальной одежды спасателей МЧС, Диссертация,05.19.01, Разуваева Светлана Владимировна, Москва, 1999–195 с.

94. Лебедева Е. О., Исследование и разработка пакета специальной теплозащитной одежды с повышенной устойчивостью к ветру, дисс. / Лебедева Елена Олеговна, Шахты, 2006–217 с.

95. Ядреева Е. В., Проектирование комплектующих изделий утепленной спецодежды на основе прогнозирования их защитной эффективности, Диссертация/ Ядреева Екатерина Владимировна, СПб, 2003– 280 с.

96. Богомолов В.Д., Анализ влияния структуры на упругие свойства амортизационной прокладок спецодежды // Известия вузов, Технология легкой промышленности. – 1991. – №6, 5-9 с.

97. Меркулова А. В.. Исследование и разработка специальной антиэлектростатической одежды для защиты от пониженных температур. Диссертация/ Меркулова Алла Владимировна, Шахты, 2007– 184 с.

98. Перспективные материалы и технологии для ракетно-космической техники [Микроформа]/ под ред А.А. Берлина, И.Г. Ассовского. Москва: РГБ, 2009– 329 с.

99. ГОСТ Р 12.4.208-9 «ССБТ. СИЗ органа слуха. Наушники, Общие технические требования».

100. ГОСТ Р 12.4.209-99 «ССБТ. СИЗ органа слуха. Вкладыши. Общие технические требования».

101. ГОСТ Р 12.4.210-99 «ССБТ. СИЗ органа слуха. Противошумные наушники, смонтированные с защитной каской. Общие технические требования».

102. ГОСТ Р 12.4.211-99 «ССБТ. СИЗ органа слуха. Противошумы. Субъективный метод измерения поглощения звука».

103. ГОСТ Р 12.4.212-99 «ССБТ. СИЗ органа слуха. Противошумы. Оценка результирующего значения А-корректированного уровня звукового давления при использовании средств индивидуальной защиты».

104. ГОСТ Р 12.4.213-99 «ССБТ. СИЗ органа слуха. Противошумы. Упрощенный метод измерения акустической эффективности противошумных наушников для оценки качества».

105. Ефимов А. П. Акустика: Справочник / А. П. Ефимов, А. В. Никонов, М.А. Сапожков, В.И. Шоров; Под. ред. М.А. Сапожкова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1989. – 336 с

106. Дроздов С.В. Интегральная оценка акустической эффективности средств индивидуальной и коллективной защиты от авиационного шума / С.В. Дроздов, С.П. Драган, А.В. Богомолов, С.К. Солдатов, В.Н. Зинкин // IV

всероссийская научно-практическая Конференция с международным участием «Защита от повышенного шума и вибрации» 26 – 28 марта 2013 г

107. Солдатов С.К., Кукушкин Ю.А., Зинкин В.Н., Богомолов А.В., Кирий С.В., Шешегов П.М., Шишкин О.Ю., Казачков В.В., Государственный научно-исследовательский институт военной медицины Минобороны России, г. Москва. Методическое обеспечение оценивания и прогнозирования работоспособности операторов, подвергающихся воздействию авиационного шума...научно-практический и учебно-методический журнал Безопасность жизнедеятельности, №4, 2006, издательство «Новые технологии» –180 с.

108. Олейников А.Ю. Акустическая защита на борту пилотируемых космических станций: диссерт канд техн наук: 01.04.06, Балтийский госуд техн университет (ВОЕНМЕХ) им. Ф.д. Устинова), С-ПБ, 2007–231 с.

109. Алимов Н.П. Совершенствование средств индивидуальной защиты от шума на предприятиях строительной индустрии: дисс. к. т. н., 05.26.01/ Алимов Николай Петрович, – Волгоград, 2010 г. –199 с.

110. Патент SU №1821233 A1 «Шумозащитный костюм»

111. Патент № 4842913 «Sound protection suit» «Костюм для защиты от звуковых волн»

112. Дрофа, Е.А. Исследование и разработка пакета материалов для шумоизоляционной одежды специального назначения: дисс. к. т. н./ Дрофа Елена Александровна – Шахты, 2007 г. –223 с.

113. Патент RU 62776 U1.A41D 13/00. Комплект защитной одежды

114. Осипов Л.Г., Звукоизоляция и звукопоглощение: Учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Промышленное и гражданское стр-во» и «Теплогазоснабжение и вентиляция» под ред/ Л. Г. Осипова, В.Н. Бобылева – М.: АСТ: Астрель, 2004. –464 с.

115. ГОСТ 16297-80. Материалы звукоизоляционные и звукопоглощающие. Методы измерений.

116. Горлов, Ю.П., Технология теплоизоляционных и акустических материалов и изделий: Учебник для вузов по спец. «Производство строительных изделий и конструкций»/ Ю.П Горлов, – Москва «Высшая школа», 1989. – 384 с.

117. Irving B. Crandall THEORY OF VIBRATING SYSTEMS AND SOUND Крендалл Ирвинг Б. Акустика: Пер. с англ. Изд. 4-е.-М.: Книжный дом «Либроком», 2009. –168 с.

118. Краснов, А. В. Разработка средств повышения эффективности акустических материалов и конструкций для снижения внешнего и внутреннего шума легковых автомобилей: дисс. к.т.н. 01.04.06/ Краснов Александр Валентинович. – Тольяти, 2009 г. –216 с.

119. Осипова, Г. Л., Снижение шума в зданиях и жилых районах:под ред./ Г.Л. Осипова и Е.Я. Юдина . –М.: Стройиздат., 1987. – 540с.

120. Щевьев, Ю. П., Акустические свойства неоднородных и комбинированных материалов/ Ю. П. Щевьев, – Москва.: Стройиздат, 1980.–243 с.

121. Науменко, В. Ю., Пленочные композиционные наноматериалы, поглощающие электромагнитные излучение: дисс, д. т. н.: 05.17.06./ Науменко Владимир Юрьевич –Саратов, 2006 г. – 344 с.

122. Куренова С.В., О выборе материалов для шумозащитной одежды//Швейная промышленность, [Текст] С.В. Куренова, Е.А.Дрофа, Н.Н.Прокопенко –2007, – №6, 49-50 с.

123. Справочник по контролю промышленных шумов: Пер. с англ./ Под ред. В.В.Клюева. - М.: Машиностроение, 1979. –447 с.

124. Справочник по технической акустике: Пер. с нем./ Под ред. М.Хекла и Х.А.Мюллера. - Л.: Судостроение. 1980. –440 с.

125. Mechel F.P. Formulas of Acoustics. –Springer, 2001. –117с.

126. Munjal M.L. Acoustics of Ducts and Mufflers.- N.Y. : Wiley - Interscience, 1987. - 328 p.

127. Alexander Wood SOUND WAVES AND THEIR USES, Александер Вуд, Звуковые волны и их применение: Пер. с англ./ Под ред. С.Н. Ржевкина. Изд.3-е.- М.: Издательство ЛКИ, 2008. –144 с.

128. Handbook of Noise Control, 2 nd ed./С.М. Harris. -J.: Mc.Graw-Hill, 1979.

129. Отрезов А.И., Чунчузов И.П. Распространение низкочастотных звуковых волн в приземном слое атмосферы. Известия АН СССР. Физика атмосферы и океана/ А.И. Отрезов, И.П. Чунчузов. – Т. 22, №4, 1986. – 138 с.

130. Отчет ВНИИГАЗа по теме № 01.88.058.197. Основные технические решения по системе магистральных газопроводов Ямал-Запад. Исследование уровней шума на многоцеховых КС и разработка мероприятий по защите от шума. – М., 1982 – 345 с.

131. ГОСТ 12.1.050-86 ССБТ «Методы измерения шума на рабочих местах» с изменениями 1 к ГОСТ 12.1.050-86 от 1 июля 2005 года.

132. ГОСТ 8.207-76 ГСИ. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения

133. ГОСТ 8.010-90 ГСИ. Методики выполнения измерений

134. ОСТ 51.137-85 «Здания и сооружения предприятий газовой промышленности, измерения шума на рабочих местах».

135. Шум машин. Технические методы измерения шума компрессоров и вакуумных насосов= Noise of machines/ Engineering methods for measurement of compressors and vacuum pumps: Межгосударственный стандарт ГОСТ 31336-2006 (ИСО 2151: 2004): взамен ГОСТ 12.».016.-91. ГОСТ 12.2.016.2-91, гост 12.2.016.3-91, гост 12 2 016.4-91, гост 12.2. 016. 5-91., Москва, Стандартинформ, 2007

136. Вибрация и удар. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека, Часть 5. Межгосударственный стандарт Гост 31191.5-2007 (ИСО 2631-5:2004). Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии, Москва: Стандартинформ, 2008

137. Карпов, А.Г., Технические измерения и приборы. Виброизмерения и вибродиагностика: уч. пособ.:Мин-во образования и науки РФ, ГОС образоват учебн высшее профессиональное образование; Норильский индустриальный институт/ А.Г. Карпов – М., 2004. – 237 с.

138. Сергеев, М.В., Куриленко, Ю.В. Новые методы измерений и санитарной оценки шума. Мир измерений/ М.В. Сергеев, Ю.В. Куриленко - 2001. - №№7, 8.

139. Нестандартные методы оценки акустических свойств текстильных материалов, используемых при проектировании специальной одежды, [Текст] Ю.В. Скребцова, С.В. Куренова, С.А. Козлов 2012. – №1, с.49-50

140. Определение уровня остаточной шумовой нагрузки при испытании текстильных материалов, [Текст] статья в II Международной научно-практической конференции «Текстиль, одежда, обувь, средства индивидуальной защиты в 21 веке», 2011 г., Куренова С.В., Скребцова Ю.В.

141. Пономарев, С.В., Метрология, стандартизация, сертификация : учебник для вузов / С.В. Пономарев, Г.В. Шишкина, Г.В. Мозгова. – Тамбов :Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 96 с.

142. Кукин, П.П., Лапин, В.Л., Пономарев, Н.Л. Безопасность жизнедеятельности. Производственная безопасность и охрана труда. Учебное пособие./ П.П. Кукин, В.Л. Лапин, Н.Л. Пономарев– М.: Высшая школа, 2001.- 431 с.

143. Бузов, Б. А., Материаловедение в производстве изделий лёгкой промышленности (швейное производство) [Текст]/ Б. А. Бузов, Н. Д. Алыменкова – М.: Изд. центр «Академия», 2008 г. – 448 с.

144. Адлер, Ю. П., Маркова, Е. В., Грановский, Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий./ Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский – М.: Наука, 1976 – 279 с.

145. Кремер, Н.Ш., Теория вероятностей и математическая статистика: Учебник для вузов/ Н.Ш. Кремер. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 543 с.

146. Крамер, Г. Математические методы статистики/ Г. Крамер – М.: Мир, 1975, – 648.с.

147. Колесников, П.А. Теплозащитные свойства одежды/ П.А. Колесников М.: Легкая индустрия, 1965 г. — 340 с.

148. Евдотий, И. Ю., Биокинематическое исследование взаимодействия элементов системы «Человек-спецодежда»: дисс. к.т.н./ Евдотий Ирина Юрьевна, – СПб, 1996 г. – 196 с.

149. Жилисбаева, Р. О., Методологические основы проектирования специальной одежды для работников металлургической и металлообрабатывающей промышленности: дисс.к.т.н./ Жилисбаева, Раушан Оразовна, – Алматы, 2007г.– 319 с.

150. Афиногенова, Н. В., Исследование и разработка спецодежды для рабочих автомобильной промышленности: диссер. 05.19.04./ Афиногенова Наталья Валентиновна, – М., 2004 г.–345 с.

151. Иванюк Т. И. , Разработка базовой конструкции изделий специального назначения для защиты жизненно важных органов: дисс. к.т.н./ Иванюк Татьяна Ивановна, –Москва, 1993 г.–204 с.

152. Козлова Е. В., Проектирование теплозащитной спецодежды с повышенной защитной эффективностью: дисс. к.т.н./ Козлова Евгения Валентиновна, – СПб, 1993 г.–198 с.

153. Кудрявцев В. И., Усовершенствованная технология проектирования теплозащитной одежды на основе уточненных моделей теплообмена: дисс. к.т.н./ Кудрявцев Виталий Игоревич, – Новочеркасск, 2004 г. – 197 с.

154. Иващенко, И. Н., Разработка специальной одежды для работников нефтедобывающей отрасли Южного региона России от пониженных температур: диссертация к.т.н, 05.19.04.[Место защиты: центральный научно-исследов институт швейной промышленности]/ Иващенко Ирина Николаевна – Москва, 2008 г. –199 с.

155. Алейникова, О. А., Оптимизация конструкций теплозащитных пакетов одежды с объемными материалами: дисс. к.т.н., Рег.номер 07.531А/ Алейникова Ольга Алексеевна, –Шахты, 2006 г.– 163 с.

156. Бокова, С. В., Особенности проектирования влагозащитной спецодежды для работников автослужб: дисс. к.т.н./ Бокова Светлана Владимировна – Шахты , 2005 г.– 189 с.

157. Герасименко, М. С., Разработка методики оптимизации параметров специальной теплозащитной одежды для работающих в условиях гиподинамики, дисс.к.т.н./ Герасименко Марина Сергеевна – Шахты, 2005 г. – 176 с.

158. ГОСТ Р 50744-95 «Бронеодежда. Классификация и общие технические требования»

159. Табитуева, Э. В., Разработка технологии изготовления изделий с использованием калагенсодержащих материалов: диссертация к.т.н./ Табитуева Элеонора Владимировна – Москва, 2002г. – 184 с.

160. Молькова И. В., Разработка пакетов материалов для одежды специального назначения и исследование их теплозащитных свойств: дисс.к.т.н./ Молькова Ирина Владимировна, – Иваново, 2004г. – 166 с.

161. Формованные и неформованные изделия из силикона URL: <http://uzrti.com/produce/silikonovye-reziny/prochie-izdeliya> дата обращения (06.06.2015 г.)

162. Мошков, Г.В., Есин, Б.В. О некоторых аспектах выбора и применения бронежилетов//Форт Технология./ Г.В. Мошков, Б.В. Есин– 1999. – 4 с.

163. Кулаков И.В. Требования к индивидуальной бронезащите // Банковские технологии/ И.В. Кулаков. – 1997. – №7. – 97-100 с.

164. Сахарова Н.А., Кузьмичёв В.Е. Экспериментальное обоснование величины основной конструктивной прибавки в бронежилете// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2003. - №4. — С. 67-70.

165. Муганцев А.Л. Персональный дозиметр и методика его применения для контроля интегральной суточной оценки воздействия промышленных шумов;дис к.т.н.: 05.11.13/ Муганцев Алексей Леонидович – Казань, 2006 – 166 с.

166. А.С. №199470 Тензометрический датчик контактного сопротивления

167. А.С. № 581403 Датчик для измерения давления одежды в БИ, 1974, №43

168. Шелковников, Д. Ю. Автоматизированные методы расчета и проектирования средств защиты городских застроек от транспортного

шума: диссерт канд. Технич наук: 05.23.01/ Шелковников, Дмитрий Юрьевич, – 154 с.

169. «OscilloMeter 7.30 - Demo» (CCIR-468-2/DIN45405), ANSI/IEEE743-1384 windows.softwareweb.com Дата обращения 15.04.2013 г.

170. Ильясов И. Т., Экономическая оценка инвестиционных проектов предприятий нефтегазового комплекса: диссертация, кандидата экономических наук 08.00.05/ Ильясов Ильяс Тависович, – [Место защиты: Удмурдский гос. университет], Ижевск, 2008 – 183 с.

171. Яковенко, Н. А., Нормы бесплатной выдачи сертифицированной специальной одежды, специальной обуви и др средств индивидуальной защиты работникам филиалов, структурных подразделений, дочерних обществ и организаций открытого акционерного общества «Газпром»/ Н. А. Яковенко.– Москва.: 2004. –123 с.

172. Аверин В. А. Научные основы совершенствования профилактических мероприятий по охране здоровья рабочих (на примере Лебединского горнообогатительного комбината) дисс. ...канд. мед. наук./ Аверин Владимир Анатольевич – М., 2001. – 123с.

173. Кончаловская, Н. М. О взаимосвязи общих и профессиональных заболеваний Гиг. Труда/ Н. М. Кончаловская. – 1977 №11–54-56 с.

174. Юганов, Е.М., «К проблеме общей защиты при воздействии на человека акустической энергии высокой интенсивности» [Текст]. Е.М. Юганов, Ю.В Крылов, В.С. Кузнецов// Материалы VI всесоюзной акустической конференции. –М., 1986 г

175. Измеров, Н.Ф. Актуальные проблемы медицины труда и промышленной экологии Медицина труда и промышленная экология/ Н.Ф. Измеров – М., 1996. – 16 с.

176. Трудовой кодекс Российской Федерации: Статья 221 ТК РФ: ред. от 01.01.2014.– М.: Изд-во «Эксмо», 2014.– 224 с.

177. О реализации государственной политики в области условий и охраны труда в Российской Федерации в 2012 году: доклад // Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации.– М., 2013.– 44 с.

178. Устюшин, Б.В., Борисенкова, Р.В., Луценко, Л.А., Шушкова, Т.С., Юдина, Т.В. Прогнозирование нарушения здоровья работающих при воздействии производственных факторов Гигиенические аспекты охраны окружающей среды и здоровье населения. Сборник научных трудов/ Б.В. Устюшин, Р.В. Борисенкова, Л.А. Луценко, Т.С. Шушкова, Т.В. Юдина – Москва, 1999. – 181-183 с.

179. Денисов Э.И., Молодкина, Н.Н. Методология оценки профессионального риска. Социально-гигиенические проблемы оценки состояния здоровья и медицинского обслуживания работающих в современных условиях: Материалы международной науч.-пр. конференции/ Э.И. Денисов, Н.Н. Молодкина – М., 2001. – 75 с.

180. Патент на полезную модель №135879 «Защитная одежда»

181. Патент на полезную модель №132898 «Стенд для измерения акустических параметров материалов, используемых для изготовления защитной одежды»

182. Патент на изобретение №2511146 «Способ нанесения теплозащитного электропроводного покрытия на углеродные волокна и ткани»

СПИСОК ИЛЛЮСТРИРОВАННОГО МАТЕРИАЛА

- Рисунок 1.1 – Доля основных вредных производственных физических факторов
- Рисунок 1.2 – Районы с высоким уровнем зашумленности селитебной территории
- Рисунок 1.3 – Превышение допустимых норм для рабочих зон по уровню звука при работе различного энергетического оборудования по результатам измерений на расстоянии 1 м, дБ
- Рисунок 1.4 – КС «Ставропольская»
- Рисунок 1.5 – Приводной авиадвигатель на газоперекачивающей установке
- Рисунок 1.6 – Слуховое восприятие человека
- Рисунок 1.7 – Негативное воздействие шума на человека
- Рисунок 1.8 – Резонансные частоты и амплитуды акустических колебаний, вызывающие патологические изменения при длительном воздействии на различные органы тела
- Рисунок 1.9 – Негативное воздействие инфразвука на организм человека
- Рисунок 1.10 – Негативное воздействие ультразвука на человека
- Рисунок 1.11 – Система «Человек – Одежда для защиты от повышенного уровня шума – Агрессивная акустическая среда»
- Рисунок 1.12 – Уровни шума на различных видах производства и применяемые при этом средства индивидуальной защиты от шума
- Рисунок 1.13 – Виброзащитный пояс для брюшной области
- Рисунок 1.14 – Общий вид шумозащитного костюма
- Рисунок 1.15 – Сечение пакета шумозащитного жилета
- Рисунок 1.16 – Пакет костюма для защиты от звуковых волн
- Рисунок 1.17 – Образцы комплекта защитной одежды
- Рисунок 1.18 – Требования к шумозащитному комплекту
- Рисунок 1.19 – Поглощающая способность одного войлока в слоях, толщина которых возрастает как кратное 1,1 см
- Рисунок 1.20 – Шумозащитный материал-петрофом
- Рисунок 1.21 – Схема проведения исследований

Рисунок 2.1 – Экспериментальная установка

Рисунок 2.2 – Гистограмма величины снижения шума образцами основного материала

Рисунок 2.3 – Гистограмма величины снижения шума образцами прокладочного материала

Рисунок 2.4 – Гистограмма величины снижения шума образцами подкладочного материала

Рисунок 2.5 – Зависимость ВСШ от поверхностной плотности основных материалов

Рисунок 2.6 – Зависимость ВСШ от объемной плотности основных материалов

Рисунок 2.7 – Влияние физических и химических свойств текстильных полотен на их акустические свойства

Рисунок 2.8 – График зависимости ВСШ от ориентации материала по отношению к источнику звука при частоте звука 1000 Гц и исходной громкости 117,2 дБ

Рисунок 2.9 – График зависимости ВСШ от ориентации материала по отношению к источнику звука при частоте звука 100 Гц и исходной громкости 93,5 дБ

Рисунок 2.10 – Результаты расчета по влиянию ориентации материала на долю прошедшей, отраженной и поглощенной звуковой энергии

Рисунок 2.11 – Материал с измененной геометрией поверхности

Рисунок 2.12 – Гистограмма, отображающая ВСШ для материалов с ИГП

Рисунок 2.13 – Теоретический график зависимости ВСШ от числа слоев материала

Рисунок 2.14 – Зависимость ВСШ от числа слоев материала (кевлар) при частоте звука 100 и 200 Гц (толщина материала 0,78мм-1 слой)

Рисунок 2.15 – Зависимость ВСШ от числа слоев материала (Грета-Т) при частоте звука 100 и 200 Гц (толщина материала 0,28мм-1 слой)

Рисунок 2.16 – Зависимость ВСШ от числа слоев материала (джинс композит дублированный) при частоте звука 100 и 200 Гц (толщина материала 0,65мм-1 слой)

Рисунок 2.17 – Гистограмма величины снижения шума для образцов петрофом – Грета-Т

Рисунок 2.18 – Гистограмма величины снижения шума для образцов петрофом – кевлар

Рисунок 2.19 – Распределение звуковой энергии для различных вариантов компоновки (для слоев с постоянным коэффициентом звукопоглощения)

Рисунок 2.20 – Распределение звуковой энергии для различных вариантов компоновки (для слоев с постоянным коэффициентом звукоотражения)

Рисунок 2.21 – Распределение звуковой энергии для различных вариантов компоновки (для слоев с постоянным коэффициентом прошедшего звука)

Рисунок 2.22 – Гистограмма распределения звуковой энергии для различных вариантов компоновки пакета материалов

Рисунок 2.23– Гистограмма ВСШ соответствующих различным образцам сэндвичей при частоте звука 100 Гц

Рисунок 2.24 – Гистограмма ВСШ соответствующих различным образцам сэндвичей при частоте звука 1000 Гц

Рисунок 2.25 – График зависимости ВСШ от толщины силиконового слоя

Рисунок 2.26 – Зависимость величины снижения шума от толщины слоя пенополиэтилена (основа-кевлар)

Рисунок 2.27 – Зависимость величины снижения шума от толщины слоя пенополиэтилена (основа - Грета-Т)

Рисунок 2.28 – Гистограмма ВСШ при различном состоянии влаги в исследуемых образцах при 1000 Гц

Рисунок 2.29 – Гистограмма ВСШ при различном состоянии влаги в исследуемых образцах при 100 Гц

Рисунок 2.30 – График изменения ВСШ по мере высыхания образца

Рисунок 2.31 – Аналитический график изменения шумозащитных свойств материала по мере его высыхания

Рисунок 2.32 – Гистограмма влияния температуры на ВСШ для различных материалов на 1000 Гц

Рисунок 2.33 – Гистограмма влияния температуры на ВСШ для различных материалов на 100 Гц

Рисунок 3.1 – Схема многофакторного эксперимента

Рисунок 3.2 – Интерфейс программы выбора рационального пакета материалов (с указанием основных параметров программы)

Рисунок 3.3 – Алгоритм программы для выбора рационального варианта пакета материалов

Рисунок 4.1 – Зоны резонансной чувствительности к воздействию шума

Рисунок 4.2 – Комплект шумозащитной одежды: а – утепленная куртка; б – утепленные брюки (1, 3 – шумозащитные динамические вставки; 2 – шумозащитная накладка)

Рисунок 4.3 – МК шумозащитного комплекта: куртки и рукава шумозащитного комплекта

Рисунок 4.4 – МК брюк

Рисунок 4.5 – Силиконовые шнуры различного сечения: а) монолитные шнуры; б) пористый шнур

Рисунок 4.6 – Динамические защитные вставки: а) схема соединения (1 – трикотажная основа, 2 – кевлар, 3 – силиконовые шнуры); б) образец шумозащитной вставки

Рисунок 4.7 – Схема шумозащитной динамической вставки

Рисунок 4.8 – Эскиз проектируемого жилета с дополнительной функцией шумозащиты; 1–светоотражающая тесьма; 2 – лента-велькро

Рисунок 4.9 – Горизонтальное сечение шумозащитного жилета на уровне линии глубины проймы

Рисунок 4.10 – Макет проектируемого изделия в динамике

Рисунок 4.11 – Схема расположения материалов и членений в «сэндвиче» жилета: 1 – кевларовый слой, 2 – силикон, 3 – петрофом, 4 - иглопробивной материал, 5 – подкладка-фланель

Рисунок 4.12 – МК шумозащитного жилета

Рисунок 4.13 – Процесс сборки шумозащитного жилета

Рисунок 4.14 – Комплект шумозащитной одежды (куртка, брюки): а–вид спереди, б– вид сзади

Рисунок 4.15 – Комплект шумозащитной одежды: куртка, брюки, жилет

Рисунок 4.16 – Объемный спектр звукового сигнала в зоне обслуживания газораспределительной станции

Рисунок 4.17 – Объемные (трехмерные) спектры звукового сигнала, полученные в различных зонах пододежного пространства: а) брюшная область; б) грудной отдел; в) поясничный отдел; г) коленный сустав.

Рисунок 4.18 – Объемные (трехмерные) спектры звукового сигнала, полученные в различных зонах пододежного пространства: а) локтевой сустав; б) затылочная часть головы; в) паховая область

Рисунок 4.19 – Социально-экономический эффект от использования шумозащитных костюмов в промышленности

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Ассортимент специальной одежды и ее назначение

Таблица А.1 - Ассортимент специальной одежды и ее назначение

Номер сертификата	Наименование изготовителя	Ассортимент специальной одежды и ее назначение
1	2	3
ГО00.R U.1125. H00004	ООО "Золушка -1"	Одежда специальная: костюм мужской (куртка, брюки) для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий из хлопчатобумажной антистатической ткани с нефтемасловодоотталкивающей пропиткой арт.СТ-21А НМВО, для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности модель 1-88-2
ГО00.R U.1125. H00005	ООО "Золушка -1"	Одежда специальная: костюм мужской (куртка, брюки) для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий из антистатических тканей с нефтемасловодоотталкивающей пропиткой модель 1-04 из ткани "Лидер-Комфорт 250" арт.18422 а/Х-М МВО НМВО и модель 1-04/1 из ткани арт. СТ-21А, для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности
ГО00.R U.1125. H00008	ЗАО "Легпром ресурс"	Одежда специальная: костюм мужской из огнестойких антистатических тканей с масловодоотталкивающей пропиткой для защиты от общих производственных загрязнений механических воздействий для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности мод. М-171(а), мод. М-171(б)
ГО00.R U.1125. H00009	ЗАО "Легпром ресурс"	Одежда специальная: костюм мужской из огнестойких антистатических тканей с масловодоотталкивающей пропиткой для защиты от пониженных температур для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности в II и III климатическом поясе модель М-172 (а)1, мод. М-172 (а)2, мод. М-172 (б)1, мод М-172(б)2
ГО00.R U.1125. H00012	ОАО ШФ "Рабочая марка"	Одежда специальная: костюм мужской для сварщика комбинированный из парусины полульняной с огнезащитной отделкой и накладками из спилка кожевенного для защиты от искр, брызг расплавленного металла, окалины модель 1368
ГО00.R U.1125. H00013	ОАО ШФ "Рабочая марка"	Одежда специальная: костюм мужской для сварщика для защиты от пониженных температур комбинированный из парусины полульняной с огнезащитной отделкой и накладками из спилка кожевенного для защиты от искр, брызг расплавленного металла, окалины для работы в IV и особом климатическом поясе модель 1369
ГО00.R U.1125. H00014	ООО "Газпром трансгаз Югорск" Цех по ремонту и пошиву спецодеж ды	Одежда специальная: комплект для сварщиков (костюм, рукавицы с крагами, шлем с пелериной) из кожи натуральной (в том числе отдельными предметами) для защиты от искр, брызг расплавленного металла, окалины для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности модель 23-162 с защитными свойствами "Тр"

1	2	3
ГО00.R U.1125. H00015	ООО "Золушка -1"	Одежда специальная: костюм мужской (куртка, брюки) для защиты от пониженных температур из антистатической ткани с маслостойкой пропиткой "Диорит-М" арт. 03С8-КВК для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности модель 1-191А/1 и модель 1-108
ГО00.R U.1125. H00016	ООО "Золушка -1"	Одежда специальная: костюм мужской (куртка, брюки) для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий из антистатической ткани с маслостойкой пропиткой арт.СТ-21А МВО для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности модель 1-451
ГО00.R U.1125. H00017	ООО "Ателье "Стиль"	Одежда специальная: костюм мужской (куртка, брюки) для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий из термостойкой антистатической ткани с огнестойкой и маслостойкой пропитками "Rigchief Universal" арт.103383 для работающих на взрывопожароопасных объектах газовой и нефтяной промышленности модель № 01-02/1 тип А
ГО00.R U.1125. H00018	ООО "Ателье "Стиль"	Одежда специальная: костюм мужской (куртка, брюки) для защиты от пониженных температур с пристегивающейся утепляющей подкладкой, из термостойкой антистатической ткани с огнестойкой и МВО пропитками для работающих на взрывопожароопасных объектах газовой и нефтяной промышленности в IV климатическом поясе модель № 9-02/1 тип А, модель №9-02/2 тип А
ГО00.R U.1125. H00019	ООО "Шатурск ая швейная мануфак тура"	Одежда специальная: костюм мужской для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий из термостойкой хлопчатобумажной антистатической ткани с огнестойкой и маслостойкой пропитками "Rigchief Universal" арт.103383 для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности, модель ШШМ 010
ГО00.R U.1125. H00020	ООО "Шатурск ая швейная мануфак тура"	Одежда специальная: костюм мужской для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий из антистатических тканей с маслостойкой пропиткой для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности, модель ШШМ 009, модель ШШМ 009/1, модель ШШМ 009/2 и модель ШШМ 009/3
ГО00.R U.1125. H00021	ООО "Трансин сервис"	Изделия трикотажные бельевые женские комплекты: модель "ТИСт-6.005ж", модель "ТИСт-6.006ж", модель "ТИСт-6.007ж"
ГО 00.RU.1 125.H00 022	ООО "Трансин сервис"	Изделия трикотажные бельевые мужские комплекты: модель "ТИСт-6.005", модель "ТИСт-6.006", модель "ТИСт-6.007"
ГО00.R U.1125. H00023	АО "Силуэт"	Одежда специальная: костюм мужской для защиты от пониженных температур для ИТР из антистатических огнестойких тканей с МВО пропиткой для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности в IV климатическом поясе модели "Норд-Антифлейм"1, "Норд-Антифлейм"2, "Норд-Антифлейм"3, "Норд-Антифлейм"4, "Норд-Антифлейм"5, "Норд-Антифлейм"6

1	2	3
ГО 00.RU.1 125.H00 028	ООО "Шатурск ая швейная мануфакт ура"	Одежда специальная: костюм мужской для защиты от вредных биологических факторов и механических воздействий, модель ШШМ 011, модель ШШМ 011/1, модель ШШМ 011/2
ГО 00.RU.1 125.H00 029	ООО "Шатурск ая швейная мануфакт ура"	Одежда специальная: костюм мужской для сварщиков из спилка кожаного для защиты от искр, брызг расплавленного металла, окалины, для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности модель ШШМ 005
ГО 00.RU.1 125.H00 031	ООО "Трансин сервис"	Шлем зимний на подкладке из овчины меховой с верхом из смешанных антиэлектростатических тканей с масловодоотталкивающей и нефтемасловодоотталкивающей отделками модель "Подшлемник Косом 1" (ТИСг-7.001) и модель "Подшлемник Косом 2"(ТИСг-7.002)
000.RU .1125.H 00032	ООО "Трансин сервис"	Комплект для защиты от биологических факторов (гноса), арт. ТИС
ГО00.R U.1125. H00033	ООО "ПО "Ангар"	Обувь специальная мужская кожаная с внутренним металлическим подноскам для защиты от нефти, нефтепродуктов и механических воздействий на формованной маслобензостойкой подошве литьевого метода крепления для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности
ГО00.R U.1125. H00034	ООО "ПО "Ангар"	Обувь специальная мужская кожаная для защиты от нефти и нефтепродуктов на формованной маслобензостойкой подошве литьевого метода крепления для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности
ГО00.R U.1125. H00035	ООО "ПО "Ангар"	Обувь специальная мужская кожаная для защиты от нефти и нефтепродуктов на формованной маслобензостойкой подошве литьевого метода крепления для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности
ГО00.R U.1125. H00036	ООО "ПО "Ангар"	Обувь специальная мужская кожаная утепленная для защиты от нефти и нефтепродуктов на формованной маслобензостойкой подошве литьевого метода крепления
ГО00.R U.1125. H00037	ОАО "Силуэт"	Одежда специальная: костюм мужской для защиты от пониженных температур из антистатических тканей с МВО пропиткой для работающих на объектах газовой и нефтяной пром-ти в I, II и III климатическом поясе. мод. "Вьюга-Газовик"1, мод. "Вьюга-Газовик"2, мод. "Вьюга-Газовик"3, мод.
ГО00.R U.1125. H00040	ОАО "Силуэт"	Одежда специальная: костюм мужской для защиты от пониженных температур из антистатических тканей с МВО пропиткой для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности в I, II и III климатическом поясе мод. "Экстра-Газовик"1, мод "Экстра-Газовик"2, мод. "Экстра-Газовик"3, мод. "Экстра-Газовик"4, мод. "Экстра-Газовик"5, мод. "Экстра-Газовик"6

1	2	3
ГО00.R U.1125. H00041	ОАО "Силуэт"	Одежда специальная: комбинезон женский для защиты от механических воздействий и общих производственных загрязнений из антистатических тканей с маслостойкой пропиткой для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности мод."Орион-Леди", мод. "Орион-Леди"1
ГО 00.RU.1 125.H00 042	ОАО "Силуэт"	Одежда специальная: костюм женский для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий из огнестойких антистатических тканей с маслостойкой пропиткой для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности мод. "Нефтяник-Леди", мод. "Нефтяник-Леди"1
ГО 00.RU.1 125.H00 043	ОАО "Силуэт"	Одежда специальная: костюм женский для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий из антистатических тканей с маслостойкой пропиткой для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности мод. "Мастер-Леди", мод. "Мастер-Леди"1
ГО 00.RU.1 125.H00 044	ООО "Шатурск ая швейная мануфак тура"	Одежда специальная: костюм для сварщиков из спилка кожаного для защиты от пониженных температур, искр, брызг расплавленного металла, окалины, для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности в I-II и III климатическом поясе мод. ШШМ 001 и мод. ШШМ 001-1
ГО 00.RU.1 125.H00 045	ООО "Шатурск ая швейная мануфак тура"	Одежда специальная: костюм мужской для защиты от пониженных температур из антистатической термостойкой ткани с огнестойкой и маслостойкими пропитками, для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности в I, II и III клим. поясе мод. ШШМ 023, мод. ШШМ 023-1
ГО00.R U.1125. H00046	ООО "Шатурск ая швейная мануфак тура"	Одежда специальная: костюм мужской для защиты от пониженных температур из антистатических тканей с маслостойкой пропиткой, для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности в I, II и III климатическом поясе мод. ШШМ 022, мод.ШШМ 022-1, мод. ШШМ 022/1, мод. ШШМ 022/1-1, мод. ШШМ 022/2 и мод.ШШМ 022/2-1
ГО00.R U.1125. H00047	ООО "Шатурск ая швейная мануфак тура"	Одежда специальная: костюм мужской для сварщиков из парусины полульняной с накладками из спилка для защиты от пониженных температур, искр, брызг расплавленного металла, окалины, для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности в I, II и III клим. поясе мод. ШШМ 003а, мод. ШШМ 003а/1, мод. ШШМ 003а-1 и мод. ШШМ 003а/1-1
ГО00.R U.1125. H00048	ООО "Спецде жда. РУ"	Одежда специальная: костюм мужской для защиты от пониженных температур из антистатических тканей с МВО и НМВО пропиткой с пристегивающейся утепляющей подкладкой и утепленным бельем, для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности в IV и особом климатическом поясе модели А.1.1 "Север", А.1.2 "Север", А.2.1 "Север", А.2.2 "Север"
ГО00.R U.1125. H00050	ООО "Спецде жда"	Одежда специальная: костюм мужской (куртка, брюки, в комплекте с утепленным бельем) для защиты от пониженных температур из антистатической ткани арт. СТ-21А с маслостойкой пропиткой

1	2	3
ГО00.R U.1125. H00051	ООО "Спецде жда"	Одежда специальная: костюм мужской (куртка, брюки) для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий из антистатической ткани арт. СТ-21А с маслостойкой пропиткой, для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности модель "02/2"
ГО00.R U.1125. H00052	ООО "Транс ин сервис"	Одежда специальная: костюм мужской для защиты от вредных биологических факторов и механических воздействий модель БФ1-1, модель БФ1-2, модель БФ1-3
ГО00.R U.1125. H00053	ООО "Газпром трансгаз Югорск" Цех по ремонт у и пошив у спецоде жды	Одежда специальная: костюм мужской для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий из антистатических тканей с маслостойкими пропитками для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности, модель 7о-089-1 и модель 7о-089-2
ГО00.R U.1125. H00054	ООО "Силуэт"	Одежда специальная: комбинезон мужской для защиты от механических воздействий и общих производственных загрязнений из антистатических тканей с маслостойкой пропиткой для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности мод. "Орион", мод. "Орион"1, мод. "Орион"2
ГО00.R U.1125. H00055	ООО "Силуэт"	Одежда специальная: костюм мужской для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий из антистатических тканей с маслостойкой пропиткой для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности мод. "Мастер", мод. "Мастер"1, мод. "Мастер"2, мод. "Мастер"3, мод. "Мастер"4, мод. "Мастер"5
ГО00.R U.1125. H00056	ООО "Силуэт"	Одежда специальная: костюм мужской для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий из антистатических тканей с маслостойкой пропиткой для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности мод. "Технолог"1, мод. "Технолог"2, мод. "Технолог"3, мод. "Технолог"4, мод. "Технолог"5, мод. "Технолог"6, мод. "Технолог"7, мод. "Технолог"8
000.ИТ.1 125.Н00 057	"Calzaturi ficio M&G s.r.l"	Обувь специальная: сапоги мужские из кожи утепленные для защиты от нефти и нефтепродуктов модель "Ямал"
ГО00.R U.1125. H00059	ООО "Золушка -1"	Одежда специальная: костюм мужской (куртка, брюки) для защиты от пониженных температур из термостойкой антистатической ткани с огнестойкой и маслостойкой пропитками "Премьер-FR 350" арт. 10202 а-М, для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности в I, II, III климатических поясах модель 1-144
ГО00.R U.1125. H00060	ООО "Золушка -1"	Одежда специальная: костюм мужской (куртка, брюки) для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий из термостойкой антистатической ткани с огнестойкой и маслостойкой пропитками "Премьер-FR 350" арт. 10202 а-М, для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности модель 1-44

ГО00.R U.1125. H00061	ООО "Шатурск ая швейная мануфак тура"	Одежда специальная: костюм мужской для сварщиков из спилка кожаного для защиты от пониженных температур, искр, брызг расплавленного металла, окалины для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности в IV и особом климатическом поясе мод. ШШМ 0016 и мод. ШШМ 0016-1
ГО00.R U.1125. H00062	ООО "Шатурск ая швейная мануфак тура"	Одежда специальная: костюм мужской для сварщиков из парусины полульняной с накладками из спилка для защиты от пониженных температур, искр, брызг расплавленного металла, окалины для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности в IV и особом климатическом поясе мод. ШШМ 0036, мод. ШШМ 0036/1, мод. ШШМ 0036-1, мод. ШШМ 0036/1-1
ГО00.D E.1125. H00067	"North Safety Products GmbH"	Перчатки защитные торговой марки "NORTH", с полимерным покрытием на текстильной основе из натурального хлопка для защиты от механических воздействий, масел, нефти и нефтепродуктов, модель Blue Tuff арт. T207, арт. T257, арт. T201, модель Superlite Plus арт. T4700P
ГО00.D E.1125. H00068	"North Safety Products GmbH"	Перчатки защитные торговой марки "NORTH", морозостойкие (до минус 28 °С) с полимерным покрытием на основе из натурального хлопка для защиты от механических воздействий, кислот (до 20%), щелочей (до 20%), нефтепродуктов: модель Spitfire Winter арт. 3500FWG, модель Winter Task арт. 3502BT, модель Prochem арт. T1612FWG
ГО00.D E.1125. H00069	"North Safety Products GmbH"	Перчатки защитные торговой марки "NORTH", для защиты от повышенных температур и механических воздействий, модель Strongoterm Heavyweight арт. STR104H
ГО00.D E.1125. H00070	"North Safety Products GmbH"	Перчатки трикотажные технические полиамидные с полимерным покрытием торговой марки "NORTH", модель Eagle Grip арт. K711, модель Ecomnit Plus арт. 12RK, модель Nitri Task арт. NF13, модель Light Task арт. NF15 для работающих на объектах не связанных со взрывопожароопасностью
ГО00.D E.1125. H00071	"North Safety Products GmbH"	Перчатки технические полимерные торговой марки "NORTH", модель Nitri Guard арт. LA132G, модель Neoprene Over Latex арт. T224FLC, модель Sensi Task арт. T425
ГО00.D E.1125. H00072	"North Safety Products GmbH"	Перчатки технические латексные торговой марки "NORTH", модель Latex Gloves Heavyweight арт. T950FL, арт. T208FL, модель Latex Gloves Flocklined арт. T297FL, арт. T254FL
ГО00.R U.1125. H00073	ООО "Текстиль- Восток- Сервис"	Комплект для защиты от биологических факторов (гноса), мод. "Телохранитель" для работающих на объектах не связанных со взрывопожароопасностью
ГО00.R U.1125. H00074	ООО "Вахруш и- Литобувь "	Обувь специальная мужская кожаная для защиты от нефти, нефтепродуктов: ботинки мод. 54, 302Т, 302N и сапоги мод. 60, 202Т

ГО00.R U.1125. H00075	ООО "Вахруш и- Литобувь "	Обувь специальная мужская кожаная для защиты от пониженных температур, нефти, нефтепродуктов: ботинки мод. 38У, мод. 319ТУ и сапоги мод. 87У, мод. 219ТУ, мод. 202 NY
ГО00.R U.1125. H00076	ООО "Трансин сервис"	Головные уборы трикотажные мужские: подшлемник мод. П-001/1 из шерстяного трикотажного полотна, мод. П-001/2 из хлопчатобумажного трикотажного полотна
ГО00.R U.1125. H00077	ЗАО МОФ "Парижск ая коммуна" и филиал - ЗАО "Донская обувь"	Обувь специальная юфтевая для защиты от нефти, нефтепродуктов и механических воздействий: мод.26331 и 25411 и для защиты от нефти и нефтепродуктов: мод. 26332 и 25442
ГО00.R U.1125. H00078	ЗАО МОФ "Парижск ая коммуна" и филиал - ЗАО "Донская обувь"	Обувь специальная: ботинки юфтевые с металлическим подноском для защиты от нефти, нефтепродуктов и механических воздействий, на двухслойной маслбензостойкой подошве из полиуретана и термополиуретана литьевого метода крепления модель 15951
ГО00.R U.1125. H00079	ЗАО МОФ "Парижск ая коммуна" и филиал - ЗАО "Донская обувь"	Обувь специальная юфтевая утепленная для защиты от нефти, нефтепродуктов и механических воздействий: модели 17071 и 17381 и для защиты от нефти и нефтепродуктов: модели 17072 и 17382
ГО00.R U.1125. H00081	ЗАО МОФ "Парижск ая коммуна"	Обувь специальная: сапоги кожаные мужские утепленные на подкладке из натурального меха для защиты от нефти и нефтепродуктов предназначенные для эксплуатации в IV и особом климатических поясах, модель "Юпитер-25"
ГО00.R U.1125. H00082	ООО "Трансин сервис"	Одежда специальная 3-го и 4-го класса защиты: костюм мужской для защиты от пониженных температур из термостойких антиэлектростатических тканей с маслводоотталкивающей пропиткой в комплекте с утепленным бельем для эксплуатации в IV и особом климатических поясах, модель ГП003 УБ
ГО00.R U.1125. H00083	ООО "Трансин сервис"	Одежда специальная 2-го класса защиты: костюм мужской для защиты от пониженных температур из термостойких антиэлектростатических тканей с маслводоотталкивающей пропиткой для эксплуатации в III климатическом поясе, модель ГП003

продолжение таблицы А.1

ГО00.R U.1125. H00084	ООО "Трансин сервис"	Одежда специальная: костюм зимний мужской для защиты от повышенных температур из парусины полульняной с огнезащитной отделкой арт.11292 ОП и накладками из спилка с утепленной подкладкой модель "Сварщик зимой" для защиты от искр, брызг расплавленного металла, окалины
ГО00.R U.1125. H00085	ООО "Трансин сервис"	Одежда специальная: костюм мужской для защиты от повышенных температур из парусины полульняной с огнезащитной отделкой арт.11292 ОП и накладками из спилка, модель "Сварщик" для защиты от искр, брызг расплавленного металла, окалины
ГО00.R U.1125. H00086	ОАО "Силуэт"	Одежда специальная для защиты от пониженных температур: костюм мужской (куртка, брюки) 1-го и 2-го класса защиты для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности в I-II и III климатических поясах. Модельный ряд "Монблан-Газовик"
ГО00.R U.1125. H00087	ООО Фирма "Чайковс кий партнер"	Одежда специальная: костюм мужской для защиты от вредных биологических факторов и механических воздействий из хлопкополиэфирной антистатической ткани с маслостойкой пропиткой "Лидер-Комфорт 250" арт.18422а/Х-М МВО для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности модель №006
ГО00.R U.1125. H00088	ООО "Трансин сервис"	Рукавицы специальные швейные для защиты от механических воздействий: модель РПП - из парусины полульняной с огнезащитной отделкой арт.11292 ОП с накладками из парусины полульняной арт.11292 ОП и модель РХБ - из ткани хлопчатобумажной двунитки арт.068 с накладками из парусины полульняной арт.11292 ОП
ГО00.R U.1125. H00089	ООО "Газпром трансгаз Югорск"	Рукавицы специальные комбинированные: модель 5о-081а-1, модель 5о-081а-2, модель 5о-081а-3 для защиты от механических воздействий и общих производственных загрязнений и рукавицы специальные утепленные: модель 2о-046-1 и модель 2о-046-2 для защиты от механических воздействий и пониженных температур
ГО00.R U.1125. H00090	ОАО "Силуэт"	Одежда специальная: костюм мужской для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий из антистатических огнестойких тканей с маслостойкой пропиткой для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности мод. "Фактор-Газовик"1, мод. "Фактор-Газовик"2, мод. "Фактор-Газовик"3, мод. "Фактор-Газовик"4
ГО00.R U.1125. H00091	ОАО "Силуэт"	Одежда специальная: костюм мужской для защиты от вредных биологических факторов и механических воздействий из тканей с маслостойкой пропиткой для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности мод. "Тайга"1, мод. "Тайга"2, мод. "Тайга"3
ГО00.R U.1125. H00092	ОАО "Силуэт"	Одежда специальная: костюм мужской для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий из антистатических огнестойких тканей с маслостойкой пропиткой для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности, мод. "Профессионал"1, мод. "Профессионал"2
ГО00.R U.1125. H00093	ОАО "Силуэт"	Одежда специальная: костюм мужской (куртка, брюки) для защиты от пониженных температур из тканей с огнестойкой и маслостойкой пропитками для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности в I-II и III климатических поясах. Модельный ряд "Авангард"

продолжение таблицы А.1

ГО00.R U.1125. H00095	ООО "Валенти на"	Одежда специальная: костюм мужской (куртка, полукombineзон) для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий из антистатических тканей с маслостойкой пропиткой (в т.ч. отдельными предметами) для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности модели "КМ-3" и "КМ-3/1"
ГО00.R U.1125. H00096	ООО "Валенти на"	Одежда специальная 1-го и 2-го класса защиты: костюм мужской (куртка, полукombineзон) для защиты от пониженных температур из антистатических тканей с маслостойкой пропиткой (в т.ч. отдельными предметами) для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности во II и III климатических поясах, модель "002-08" и модель "002-08/1"
ГО00.R U.1125. H00097	ОАО "Радуга"	Одежда специальная: костюм мужской (куртка, брюки) для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий из антистатических тканей с нефте- и маслостойкими пропитками для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности модели ГЗП-002, ГЗП-002/1 и ГЗП-002/2
ГО00.R U.1125. H00098	ОАО "Радуга"	Одежда специальная 2-го класса защиты: костюм мужской (куртка, брюки, жилет) для защиты от пониженных температур из антистатических тканей с маслостойкой пропиткой для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности в III климатическом поясе модель ГПП-002, модель ГПП-002/1, модель ГПП-002/2 и модель ГПП-002/3
ГО00.R U.1125. H00099	ООО "Газпром трансгаз Югорск"	Одежда специальная для защиты от пониженных температур 3-го и 4-го класса защиты: костюм мужской для защиты от пониженных температур с пристегивающейся утепляющей подкладкой из антистатических тканей с маслостойкой пропиткой и с утепленным бельем в IV и особом климатических поясах мод.21-041-4
ГО00.R U.1125. H00100	ООО "Золушка -1"	Одежда специальная: костюм мужской (куртка, брюки) для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий из хлопкополиэфирной антистатической ткани с маслостойкой пропиткой "Премьер-Комфорт 220" арт.18439а-М МВО, для работающих на объектах газовой и нефтяной промышленности модель 1-451/1

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Ассортимент материалов для проектирования специальной одежды

Таблица Б.1 – Ассортимент материалов для проектирования специальной одежды

Номер сертификата	Наименование изготовителя	Наименование материала
000.RU.1125.H00006	ООО "Чайковская компания"	Ткань хлопкополиэфирная антиэлектростатическая "Лидер-Комфорт 250" арт. 18422 а/Х-М маслородоотталкивающей пропиткой
000.BY.1125.H00007	ОАО "Моготекс"	Ткань для спецодежды антиэлектростатическая "Полёт-М" с отделками: водоотталкивающей, маслородоотталкивающей, нефтемаслородоотталкивающей, устойчивыми к стиркам арт. 06С27-КВ
ГО00.ВУ.1125.H00026	ОАО "Моготекс"	Ткань для спецодежды антиэлектростатическая "Грета-М" с отделками: водоотталкивающей, маслородоотталкивающей, нефтемаслородоотталкивающей, устойчивыми к стирке арт. 8С60-КВК
000.BY.1125.H00027	ОАО "Моготекс"	Ткань для спецодежды антиэлектростатическая "Диорит-М" с отделками: водоотталкивающей, маслородоотталкивающей, нефтемаслородоотталкивающей, устойчивыми к стирке арт. 03С8-КВК
000.RU.1125.H00038	ООО "Чайковская текс. компания"	Ткань огнезащитная антиэлектростатическая "Премьер FR-350" арт.10202а-М с нефтемаслородоотталкивающей пропиткой
000.RU.1125.H00039	ООО "Фирма БКЛ"	Полотно нетканое холстопршивное торговой марки "Шерстон"
ГО00.С N.1125.H00049	Hongfeng international Trade CO., LTD. China	Ткань для спецодежды хлопчатобумажная антистатическая с маслородоотталкивающей пропиткой артикул СТ-21А МВО, по документации изготовителя
ГО00.С N.1125.H00058	Hongfeng international Trade CO., LTD. Chine	Ткань для спецодежды антиэлектростатическая с маслородоотталкивающей пропиткой артикул СТ-20А МВО
000.RU.1125.H00094	ЗАО "Шуйская суконная фабрика"	Ватин холстопршивной шерстяной арт. "С508-ИЛ", арт. "С509-ИЛ"
000.NO.1125.H00101	Фирма "Daletec AS"	Ткань хлопчатобумажная антиэлектростатическая арт. "Rigchief Universal" 103383 с огнезащитной и маслородоотталкивающей пропитками по документации изготовителя
000.RU.1125.H00038	ООО "Чайковская текс. компания"	Ткань огнезащитная антиэлектростатическая "Премьер FR-350" арт.10202а-М с нефтемаслородоотталкивающей пропиткой

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Наименование, свойства звукопоглощающих, вибропоглощающих, звукоизоляционных материалов, используемых в промышленности

Таблица В.1 – Наименование и свойства звукопоглощающих, вибропоглощающих, звукоизоляционных материалов, используемых в промышленности

№ п/п	Наименование звукопоглощающего материала (ГОСТ, ТУ)	Структура материала	Объемная масса, кг/м ³	Толщина материала, мм	Температура применения, °С	Коэффициент теплопроводности, ккал/(м·ч·°С)	Эксплуатационные параметры
1	2	3	4	5	6	7	8
Звукопоглощающие материалы							
1	Звукопоглощающие изделия марки БЗМ (маты базальтового волокна)	Мат из базальтовой ваты с волокнами в оболочке из стеклоткани или кремнезевой ткани	17-25	50-200	-200... ...700	0,035	Пожаробезопасен, влагостойкий, нетоксичен
2	Теплозвукоизоляционный материал марки АТМ-1	Мат из рыхлого слоя супертонких штапельных стеклянных волокон, связанных фенолформальдегидной смолой и оклеенный алюминиевой фольгой или полиэтилентерефталатной пленкой или стеклотканью	15	20-40	-60... ...150	0,045	Негорючий, влагостойкий, боистойкий, нетоксичен
3	Поропласт полиуретановый эластичный трудносгораемый марки ППУ-ЭТ	Газонаполненная пластмасса пористой структуры	40	5-300	15...100	0,045	Биостойкий и влагостойкий, горюч, токсичен

продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	6	7	8
4	Холсты из микро-ультра-супертонки, стекломикросталлических штапельных волокон из горных пород	аналог БЗМ	1,9-10	300			
5	Маты из супер- и ультратонкого стеклянного волокна СТВ	Многослойные холсты перекрученных штапельных волокон из стекла щелочного состава	8-10	40-60	До 450		
6	Маты теплозвукоизоляционные марки АТМ-10	Холсты ультрасупертонкого и стекломикросталлического стеклянного штапельного волокна из горных пород	20-50	5-60	-200... ...90		Негорючие, влагостойкие, биостойкие, нетоксичные
7	Поропласт полиуретановый	Газонаполненная пластмасса пористой структуры	22-31				
8	Звукопоглощающие плиты «Силакпор»	Ячеистые бетоны автоклавного твердения с пористой структурой и с лицевой пористой структурой.	345	40-45			Негорючие, влагостойкие, биостойкие, нетоксичны
9	Акустические гипсовые плиты марки АГП	Перфорированная гипсовая панель, укреплённая жесткими ребрами и минеральная или стеклянная вата		30-55			Трудногоряемые, биостойкие, нетоксичны

продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	6	7	8
10	Минераловатные плиты акустические марки ПА	Минеральная вата марки ВФ-75 и синтетическое связующие (поливинилацетатная эмульсия и фенолоспирты), полужесткий или жесткий скелет	120-200	20-100			
Звукоизоляционные прокладочные материалы							
11	Листовой материал «Этафон» ППЭ-Р и ППЭ-РЛ	На основе вспененного полиэтилена	30-60				
12	Листовой материал «Вилатерм»	Вспененный полиэтилен	30-50				
13	Рулонный материал «Пенополиэкс»	Вспененный полиэтилен	75-80				
14	Плиты «Лайт Батс»	Плиты из минеральной ваты на основе синтетического связующего	50				
15	Плиты древесноволокнистые		200-250				
16	Плиты жесткие теплоизоляционные «Сэндвич Батс с»	Минеральная вата	143-156				
17	Изделия теплоизоляционные	Стеклянное штапельное волокно	50-75				
18	Петрофом		18-32	1-10	-60... ...80	0,042	Горючий, выделяет токсичные вещества при горении

продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	6	7	8
19	Пенотерм	Пенополипропилен					Горючий, выделяет токсичные вещества при горении
20	Винипор		80-123	10-25			Горючий, выделяет токсичные вещества при горении
21	Порилекс	пенополиэтилен					Горючий, выделяет токсичные вещества при горении
Вибропоглощающие материалы							
22	Асбокартон (ГОСТ 2850-75)		$1 \cdot 10^3$		-20... ...450		Негорючий, нетоксичный
23	Фетр, пропитанный битумом				20...80		Горючий, выделяет токсичные вещества при горении
24	Герметик ВТУ МХИ ПУ 949-56	Силикон	$1 \cdot 10^3$		-60... ...110		Негорючий, нетоксичный
25	Резина марки 1002		750		20...80		Горючий, выделяет токсичные вещества при горении
26	Резина марки 10731		700		20...80		Горючий, выделяет токсичные вещества при горении
27	Резина марки 922		700		20...80		Горючий, выделяет токсичные вещества при горении
28	Резина марки 615		530		20...80		Горючий, выделяет токсичные вещества при горении

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Исследуемых материалы на шумозащитные свойства

Таблица Г.1 – Порядковые номера и наименования исследуемых материалов

№ п/п	Наименование материала	Назначение материала	Толщина материала, мм	Поверхностная плотность, г/м ²
1	2	3	4	5
1	Оксфорд 600. Обработка, пропитка, покрытие: КМФ, полиуретановое покрытие.100 % ПЭ	основной	0,36	350
2	Грета-Т , 54 % х/б, 46 % полиэфир.	основной	0,28	234
3	600D PU2000 кмф, плащевая с пленочным покрытием, 100 % ПЭ	основной	0,30	300
4	Балтекс 215.49 % х/б, 51 % ПЭ	основной	0,3	220
5	Балтекс 260 гл.кр., ВО, 51 % х/б, 49 % ПЭ	основной	0,32	260
6	Джинс хлопок 100 %,	основной	0,35	350
7	Джинс композит дублированный (Водоотгалк. прокладка), 100 % х/б, 100 % ПЭ	основной	0,65	400
8	Номех Comfort-BV 190, 93 % номекс, 5 % кевлар, 2 % P140(антистатическое волокно)	основной	0,35	260
9	Вельвет мелкий рубчик ,100% вискоза	основной	0,45	290
10	Вельвет крупный рубчик, 100% вискоза,	основной	0,42	365
11	Вельвет искусственный плоский, п/э	основной	0,38	350
12	Замша натуральная, спиллок	основной	0,78	
13	Замша натуральная, спиллок	основной, прокладочный	0,9	
14	Замша натуральная, спиллок	основной, прокладочный	1,2	
15	Кожа натуральная КРС Жесткая 2мм	основной	2,0	
16	Винилис кожа, Тканевая основа, ПВХ с присадками. Морозоустойчивая (-25 °С), МБС (защита от сырой нефти, бензина, масел), антистатичная, высокая прочность на разрыв.	основной	0,43	450
17	Мех натуральный кролик	основной	2,1	
18	Мех искусственный, ворс 4 мм Пр ПАН, грунт ПР, х/б	основной	2,4	
19	Пальтовая ткань, драп	основной	0,40	200
20	Мех искусственный, дублированный	основной	9,3	
21	Плащевая ПЭ	основной	0,15	
22	Брезент 11255 ОП (огнеупорный)	основной	0,37	350
23	Драп, шерсть 100 %,	основной	0,4	200
24	Сукно, шерсть 100 %	основной	0,35	160
25	Холст, лен 100 %	основной	0,23	210
26	Плащевая 190Т PU1000, 100 % ПЭ	основной	0,12	90
27	Тафетга 190Т серебрянка г/к.,100 % ПЭ	основной	0,12	80
28	Шерстяная ткань	основной	0,22	185

29	Плащевая х/б с водоотталкивающим покрытием	основной	0,11	
<i>продолжение таблицы Г.1</i>				
30	Плащевая с прорезинненным покрытием	основной	0,24	
31	Бархат 100 % ПЭ, плотн зелен	основной	0,67	150
32	Бархат 100 % х/б, высокий ворс	основной	0,46	170
33	Кожа натуральная свиная	основной, прокладочный	0,56	
34	Кожа натуральная, КРС 1,5 мм	основной, прокладочный	1,5	
35	Кевлар, 100% арамидное волокно	основной	0,78	180-480
36	Темп 2	основной	0,27	350
37	Грета-М с антистатической нитью	основной	0,28	
38	Пенотерм	прокладочный	6,0	59, 60
39	Шерстепон (композиц. термосклеенный)	прокладочный	6,4	345
40	Петрофом	прокладочный	8,0	60
41	Резина	прокладочный	4,0	
42	Поролон	прокладочный	2,3	115
43	Синтепон 221	прокладочный	4,2	110
44	Войлок тонкий серый	прокладочный	4,1	250
45	Войлок толстый черный	прокладочный	6,9	395
46	Ватин	прокладочный	8,4	150
47	Иглопробивной материал	прокладочный	5,7	280
48	Coverstat-RW, 68,7 % х/б, 30,6 % ПЭ, 0,7 % спец.нить	прокладочный	2,1	235
49	Синтепон, 100 % нитрон	прокладочный	1,05	90
50	Синтепон, 100 % нитрон	прокладочный	1,01	60
51	Холстопрошивочный ватин тряпка	прокладочный	2,3	100
52	Поролон композит+ватин	прокладочный	5,7	120
53	Пробка	прокладочный	4,6	
54	Флис, 100 % ПЭ	прокладочный, подкладочный	0,81	250
55	Фланель, 100 % х/б	подкладочный	0,59	200
56	Стеганная подкладка (ватин+атлас)	прокладочный, подкладочный	3,7	
57	Стеганная подкладка с синтепоном (нейлон)	прокладочный, подкладочный	3,4	
58	Подкладка термосклеенная с синтепоном	прокладочный, подкладочный	1,3	
59	Синтетическая подкладочная ткань, 100 % ПЭ	подкладочный	0,15	90
60	Силикон	прокладочный		
61	Пенофол	прокладочный	6,0	50

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Анализ соответствия отобранных материалов задач исследований

Таблица Д.1 – Анализ соответствия отобранных материалов задач исследований

Наименование (номер) материала	Высокая стойкость	Легковоспла- меняемость	Несоответстви е гигиеническим требованиям	Несоответстви е эксплуатацион ным требованиям	Акустическая прозрачность	Нестойкость к агрессивным средам
1	2	3	4	5	6	7
Основной материал (материал верха)						
<i>Материал 1</i>	+ -	-	-	-	+ -	-
<i>Материал 2</i>	-	-	-	-	+ -	-
<i>Материал 3</i>	+ -	-	+	+	+ -	+
<i>Материал 4</i>	+ -	-	-	-	+ -	+
<i>Материал 5</i>	+ -	-	-	-	+ -	-
<i>Материал 6</i>	+ -	+	-	+	+ -	+
<i>Материал 7</i>	+	-	-	+	+ -	-
<i>Материал 8</i>	+ -	-	-	-	+ -	-
<i>Материал 9</i>	+	+	-	+	+ -	+
<i>Материал 10</i>	+	+	-	+	-	+
<i>Материал 11</i>	+	+	+	+	+ -	+
<i>Материал 12</i>	+	-	+	+	-	-
<i>Материал 13</i>	+	-	+	+	-	-
<i>Материал 14</i>	+	-	+	+	-	-
<i>Материал 15</i>	+	-	+	+	-	-
<i>Материал 16</i>	-	-	+	+	+ -	-
<i>Материал 17</i>	+	+	+	+	-	+
<i>Материал 18</i>	+	+	+	+	-	+
<i>Материал 19</i>	+	+	-	+	-	+
<i>Материал 20</i>	+	+	+	+	-	+
<i>Материал 21</i>	-	+	+	+	+	+
<i>Материал 22</i>	-	-	-	-	-	+
<i>Материал 23</i>	+	+	+	+	-	+
<i>Материал 24</i>	+	+	+	+	-	+
<i>Материал 25</i>	-	+	+	+	+	+
<i>Материал 26</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Материал 27</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Материал 28</i>	-	+	+	+	-	+
<i>Материал 29</i>	-	+	+	+	+	+
<i>Материал 30</i>	-	+	+	+	+	+

продолжение таблицы Г.1

1	2	3	4	5	6	7
Материал 31	+	+	+	+	-	+
Материал 32	+	+	+	+	-	+
Материал 33	+	-	+	+	-	-
Материал 34	+	-	+	+	-	-
Материал 35	+-	-	+-	-	-	-
Материал 36	+-	-	-	-	+-	-
Материал 37	+-	-	-	-	+-	-
Подкладочный материал						
Материал 54	-	+	-	-	+-	+
Материал 55	-	+	-	-	-	+
Материал 56	+-	+	-	-	+-	+
Материал 57	+-	+	-	-	+	+
Материал 58	+-	+	-	-	+	+
Материал 59	-	+	+	-	+	+
Прокладочный материал						
Материал 13	+	-	+	+	-	-
Материал 14	+	-	+	+	-	-
Материал 33	-	-	-	+	-	+
Материал 34	+	-	+	+	-	-
Материал 38	+	-	+	+	-	-
Материал 39	-	+	-	-	-	-
Материал 40	+-	+	-	-	-	-
Материал 41	+-	-	-	+	-	-
Материал 42	-	+	+-	+	+	+
Материал 43	-	+	-	-	+	+
Материал 44	-	+	-	-	-	+
Материал 45	-	+	-	-	+-	+
Материал 46	-	+	-	-	+-	+
Материал 47	-	+	-	-	-	+
Материал 48	+	+	+-	+-	-	-
Материал 49	-	+	+	+	+	-
Материал 50	-	+	+	+	+	-
Материал 51	-	+	+	+	+-	-
Материал 52	+-	+	+	+	+	+
Материал 53	+-	+	+	+	+	+
Материал 54	-	+	-	-	+-	+
Материал 56	+-	+	-	-	+-	+
Материал 57	+-	+	-	-	+	+
Материал 58	+-	+	-	-	+	+
Материал 60	+-	-	-	-	-	-
Материал 61	+	+	-	-	-	-

ПРИЛОЖЕНИЕ Е**Порядок компоновки и номера материалов**

Таблица 1.Е - Порядок компоновки и номера материалов

№ п/п	Порядок	№ п/п	Порядок	№ п/п	Порядок
1	60 40 39 14 55	2	60 40 14 39 55	3	60 39 40 14 55
4	60 39 14 40 55	5	60 14 39 40 55	6	60 14 40 39 55
7	60 47 48 40 55	8	60 47 40 48 55	9	60 40 47 48 55
10	60 40 48 47 55	11	60 48 40 47 55	12	60 48 47 40 55
13	60 47 13 38 55	14	60 47 38 13 55	15	60 38 13 47 55
16	60 38 47 13 55	17	60 13 38 47 55	18	60 13 47 38 55
19	60 40 39 13 55	20	60 40 13 39 55	21	60 13 40 39 55
22	60 13 39 40 55	23	60 39 13 40 55	24	60 39 40 13 55
25	60 40 45 14 55	26	60 40 14 45 55	27	60 45 14 40 55
28	60 45 40 14 55	29	60 14 45 40 55	30	60 14 40 45 55
31	60 40 13 45 55	32	60 40 45 13 55	33	60 13 40 45 55
34	60 13 40 45 55	35	60 13 45 40 55	36	60 45 13 40 55
37	60 40 47 55	38	60 47 40 55	39	60 39 40 55
40	60 40 35 55	41	60 38 47 55	42	60 47 38 55
43	60 40 13 55	44	60 13 40 55	45	60 14 47 55
46	60 47 14 55	47	60 39 38 55	48	60 38 39 55

При этом для волн, 3 раза проходящих через материал, к подсчитанному по таблице числу добавляется одна волна из списка базовых вариантов отражения.

Базовые элементы

	Число проходов через материал	Количество отражений от материала	Уравнение волны
O^1	3 Пр	0 Отр	$A=X \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$
O^2	3 Пр	2 Отр	$A=X \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot n_2 \cdot n_{1np}$
O^3	3 Пр	4 Отр	$A=X \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot n_2^2 \cdot n_1^2$
O^4	3 Пр	6 Отр	$A=X \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot n_2^3 \cdot n_{1np}^3$
O^5	3 Пр	8 Отр	$A=X \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot n_2^4 \cdot n_{1np}^4$
O^6	3 Пр	10 Отр	$A=X \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot n_2^5 \cdot n_{1np}^5$
....

Вспомогательные элементы

	Число дополнительных проходов через материал	Количество дополнительных отражений от материала	Дополнение к уравнению волны
m	0 Пр	2 Отр	$\times n_3 \cdot n_{2np}$
b	2 Пр	2 Отр	$\times K_2 \cdot K_{2np} \cdot n_3 \cdot n_{1np}$
b/b	2 Пр	4 Отр	$\times K_2 \cdot K_{2np} \cdot n_3 \cdot n_2 \cdot n_{1np}^2$
$b/m/b$	2 Пр	6 Отр	$\times K_2 \cdot K_{2np} \cdot n_3 \cdot n_2^2 \cdot n_{1np}^3$
$b/2m/b$	2 Пр	8 Отр	$\times K_2 \cdot K_{2np} \cdot n_3 \cdot n_2^3 \cdot n_{1np}^4$
$b/3m/b$	2 Пр	10 Отр	$\times K_2 \cdot K_{2np} \cdot n_3 \cdot n_2^4 \cdot n_{1np}^5$
....

**Волны, проходящие через материал (четно-отраженные волны)
0 отражений**

Таблица Ж.2 - Волна, прошедшая через все 3 слоя без единого отражения:

o^1	$A = X \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$
-------	---------------------------------------

2 отражения

Таблица Ж.3 - Волны, 3 раза прошедшие через материал, комбинаций: 2

$o^1\text{-м}$	$A = X \cdot K_3 \cdot K_2 \cdot K_1 \cdot n_3 \cdot n_{2np}$
o^2	$A = X \cdot K_3 \cdot K_2 \cdot K_1 \cdot n_2 \cdot n_{1np}$

Таблица Ж.4 - Волны, 5 раз прошедшие через материал, комбинаций: 1

$o^1\text{-б}$	$A = X \cdot K_3 \cdot K_2^2 \cdot K_{2np} \cdot K_1 \cdot n_3 \cdot n_{np1}$
----------------	---

4 отражения

Таблица Ж.5 - Волны, 3 раза прошедшие через материал, комбинаций: 3

$o^1\text{-м-м}$	$A = X \cdot K_3 \cdot K_2 \cdot K_1 \cdot n_3^2 \cdot n_{2np}^2$
$o^2\text{-м}$	$A = X \cdot K_3 \cdot K_2 \cdot K_1 \cdot n_3 \cdot n_2 \cdot n_{2np} \cdot n_{1np}$
o^3	$A = X \cdot K_3 \cdot K_2 \cdot K_1 \cdot n_2^2 \cdot n_{1np}^2$

Таблица Ж.6 - Волны, 5 раз прошедшие через материал, комбинаций: 4

$o^1\text{-б-м}$	$A = X \cdot K_3 \cdot K_2^2 \cdot K_{2np} \cdot K_1 \cdot n_3^2 \cdot n_{2np} \cdot n_{1np}$
$o^1\text{-м-б}$	$A = X \cdot K_3 \cdot K_2^2 \cdot K_{2np} \cdot K_1 \cdot n_3^2 \cdot n_{2np} \cdot n_{1np}$
$o^1\text{-б/б}$	$A = X \cdot K_3 \cdot K_2^2 \cdot K_{2np} \cdot K_1 \cdot n_3 \cdot n_2 \cdot n_{1np}^2$
$o^2\text{-б}$	$A = X \cdot K_3 \cdot K_2^2 \cdot K_{2np} \cdot K_1 \cdot n_3 \cdot n_2 \cdot n_{1np}^2$

Таблица Ж.7 - Волны, 7 раз прошедшие через материал, комбинаций: 1

$o^1\text{-б-б}$	$A = X \cdot K_3 \cdot K_2^3 \cdot K_{2np}^2 \cdot K_1 \cdot n_3^2 \cdot n_{1np}^2$
------------------	---

6 отражений

Таблица Ж.8 - Волны, 3 раза прошедшие через материал, комбинаций: 4

$o^1\text{-}m\text{-}m\text{-}m$	$A = X \cdot K_3 \cdot K_2 \cdot K_1 \cdot n_3^3 \cdot n_{2np}^3$
$o^2\text{-}m\text{-}m$	$A = X \cdot K_3 \cdot K_2 \cdot K_1 \cdot n_3^2 \cdot n_2 \cdot n_{2np}^2 \cdot n_{1np}$
$o^3\text{-}m$	$A = X \cdot K_3 \cdot K_2 \cdot K_1 \cdot n_3 \cdot n_2^2 \cdot n_{2np} \cdot n_{1np}^2$
o^4	$A = X \cdot K_3 \cdot K_2 \cdot K_1 \cdot n_2^3 \cdot n_{1np}^3$

Таблица Ж.9 - Волны, 5 раз прошедшие через материал, комбинаций: 10

$o^1\text{-}\bar{b}\text{-}m\text{-}m$	$A = X \cdot K_3 \cdot K_2^2 \cdot K_{2np} \cdot K_1 \cdot n_3^3 \cdot n_{2np}^2 \cdot n_{1np}$
$o^1\text{-}m\text{-}\bar{b}\text{-}m$	$A = X \cdot K_3 \cdot K_2^2 \cdot K_{2np} \cdot K_1 \cdot n_3^3 \cdot n_{2np}^2 \cdot n_{1np}$
$o^1\text{-}m\text{-}m\text{-}\bar{b}$	$A = X \cdot K_3 \cdot K_2^2 \cdot K_{2np} \cdot K_1 \cdot n_3^3 \cdot n_{2np}^2 \cdot n_{1np}$
$o^1\text{-}\bar{b}/\bar{b}\text{-}m$	$A = X \cdot K_3 \cdot K_2^2 \cdot K_{2np} \cdot K_1 \cdot n_3^2 \cdot n_2 \cdot n_{2np} \cdot n_{1np}^2$
$o^1\text{-}m\text{-}\bar{b}/\bar{b}$	$A = X \cdot K_3 \cdot K_2^2 \cdot K_{2np} \cdot K_1 \cdot n_3^2 \cdot n \cdot n_{2np} \cdot n_{1np}^2$
$o^1\text{-}\bar{b}/m/\bar{b}$	$A = X \cdot K_1 \cdot K_2^2 \cdot K_{2np} \cdot K_3 \cdot n_3 \cdot n_2^2 \cdot n_{1np}^3$
$o^2\text{-}\bar{b}\text{-}m$	$A = X \cdot K_3 \cdot K_2^2 \cdot K_{2np} \cdot K_1 \cdot n_3^2 \cdot n \cdot n_{2np} \cdot n_{1np}^2$
$o^2\text{-}m\text{-}\bar{b}$	$A = X \cdot K_3 \cdot K_2^2 \cdot K_{2np} \cdot K_1 \cdot n_3^2 \cdot n \cdot n_{2np} \cdot n_{1np}^2$
$o^2\text{-}\bar{b}/\bar{b}$	$A = X \cdot K_1 \cdot K_2^2 \cdot K_{2np} \cdot K_3 \cdot n_3 \cdot n_2^2 \cdot n_{1np}^3$
$o^3\text{-}\bar{b}$	$A = X \cdot K_1 \cdot K_2^2 \cdot K_{2np} \cdot K_3 \cdot n_3 \cdot n_2^2 \cdot n_{1np}^3$

Таблица Ж.10 - Волны, 7 раз прошедшие через материал, комбинаций: 6

$o^1\text{-}\bar{b}\text{-}\bar{b}\text{-}m$	$A = X \cdot K_3 \cdot K_2^3 \cdot K_{2np}^2 \cdot K_1 \cdot n_3^3 \cdot n_{2np} \cdot n_{1np}^2$
$o^1\text{-}\bar{b}\text{-}m\text{-}\bar{b}$	$A = X \cdot K_3 \cdot K_2^3 \cdot K_{2np}^2 \cdot K_1 \cdot n_3^3 \cdot n_{2np} \cdot n_{1np}^2$
$o^1\text{-}m\text{-}\bar{b}\text{-}\bar{b}$	$A = X \cdot K_3 \cdot K_2^3 \cdot K_{2np}^2 \cdot K_1 \cdot n_3^3 \cdot n_{2np} \cdot n_{1np}^2$
$o^1\text{-}\bar{b}/\bar{b}\text{-}\bar{b}$	$A = X \cdot K_3 \cdot K_2^3 \cdot K_{2np}^2 \cdot K_1 \cdot n_3^2 \cdot n_2 \cdot n_{1np}^3$
$o^1\text{-}\bar{b}\text{-}\bar{b}/\bar{b}$	$A = X \cdot K_3 \cdot K_2^3 \cdot K_{2np}^2 \cdot K_1 \cdot n_3^2 \cdot n_2 \cdot n_{1np}^3$
$o^2\text{-}\bar{b}\text{-}\bar{b}$	$A = X \cdot K_3 \cdot K_2^3 \cdot K_{2np}^2 \cdot K_1 \cdot n_3^2 \cdot n_2 \cdot n_{1np}^3$

Таблица Ж.11 - Волны, 9 раз прошедшие через материал, комбинаций: 1

$o^1\text{-}\bar{b}\text{-}\bar{b}\text{-}\bar{b}$	$A = X \cdot K_3 \cdot K_2^4 \cdot K_{2np}^3 \cdot K_1 \cdot n_3^3 \cdot n_{1np}^3$
--	---

2 Определение доли звуковой энергии, отраженной от пакета материалов

Для волн, которые отражаются в сторону источника звука, также можно выделить базовые и вспомогательные элементы, которые в данном случае будут одинаковыми. Любая сложная траектория движения волны в этом случае будет представлять собой комбинацию одного базового и одного или нескольких вспомогательных.

Базовые и вспомогательные элементы представлены на рисунке.

Базовые элементы

	Число проходов через материал	Количество отражений от материала	Уравнение волны
<i>м</i>	2 Пр	1 Отр	$B = X \cdot K_1 \cdot K_{1np} \cdot n_2$
<i>б</i>	4 Пр	1 Отр	$B = X \cdot K_1 \cdot K_{1np} \cdot K_2 \cdot K_{2np} \cdot n_3$
<i>б/б</i>	4 Пр	3 Отр	$B = X \cdot K_1 \cdot K_{1np} \cdot K_2 \cdot K_{2np} \cdot n_3^2 \cdot n_{2np}$
<i>б/м/б</i>	4 Пр	5 Отр	$B = X \cdot K_1 \cdot K_{1np} \cdot K_2 \cdot K_{2np} \cdot n_3^3 \cdot n_{2np}^2$
<i>б/2м/б</i>	4 Пр	7 Отр	$B = X \cdot K_1 \cdot K_{1np} \cdot K_2 \cdot K_{2np} \cdot n_3^4 \cdot n_{2np}^3$
<i>б/3м/б</i>	4 Пр	9 Отр	$B = X \cdot K_1 \cdot K_{1np} \cdot K_2 \cdot K_{2np} \cdot n_3^5 \cdot n_{2np}^4$
....

Вспомогательные элементы

	Число дополнительных проходов через материал	Количество дополнительных отражений от материала	Дополнение к уравнению волны
<i>м</i>	0 Пр	2 Отр	$\times n_2 \cdot n_{1np}$
<i>б</i>	2 Пр	2 Отр	$\times K_2 \cdot K_{2np} \cdot n_3 \cdot n_{1np}$
<i>б/б</i>	2 Пр	4 Отр	$\times K_2 \cdot K_{2np} \cdot n_3^2 \cdot n_{2np} \cdot n_{1np}$
<i>б/м/б</i>	2 Пр	6 Отр	$\times K_2 \cdot K_{2np} \cdot n_3^3 \cdot n_{2np}^2 \cdot n_{1np}$
<i>б/2м/б</i>	2 Пр	8 Отр	$\times K_2 \cdot K_{2np} \cdot n_3^4 \cdot n_{2np}^3 \cdot n_{1np}$
<i>б/3м/б</i>	2 Пр	10 Отр	$\times K_2 \cdot K_{2np} \cdot n_3^5 \cdot n_{2np}^4 \cdot n_{1np}$
....

Зная количество отражений волны ($Отр$) и число проходов сквозь материал ($Пр$), комбинируя базовые и вспомогательные элементы, можно определить возможное число траекторий движения волны, которое соответствует заданным $Отр$ и $Пр$. Общее количество уравнений (количество различных траекторий движения звуковых волн) можно установить, пользуясь таблицей, представленной выше. При этом для волн, 4 раза проходящих через материал, к подсчитанному по таблице числу добавляется одна волна из списка базовых вариантов отражения.

Волны, отраженные в сторону источника звука (нечетно-отраженные волны)

1 отражение

Волна, отраженная от первого слоя и не прошедшая ни через один материал:

$$B = X \cdot n_1$$

Таблица Ж.12 - Волны, 2 раза прошедшие через материал, комбинаций: 1

m	$B = X \cdot K_1 \cdot K_{1np} \cdot n_2$
-----	---

Таблица Ж.13 - Волны, 4 раза прошедшие через материал, комбинаций: 1

\bar{b}	$B = X \cdot K_1 \cdot K_{1np} \cdot K_2 \cdot K_{2np} \cdot n_3$
-----------	---

3 отражения

Таблица Ж.14 - Волны, 2 раза прошедшие через материал, комбинаций: 1

$m-m$	$B = X \cdot K_1 \cdot K_{1np} \cdot n_2^2 \cdot n_{1np}$
-------	---

Таблица Ж.15 - Волны, 4 раза прошедшие через материал, комбинаций: 3

$\bar{b}-m$	$B = X \cdot K_1 \cdot K_{1np} \cdot K_2 \cdot K_{2np} \cdot n_3 \cdot n_2 \cdot n_{1np}$
$m-\bar{b}$	$B = X \cdot K_1 \cdot K_{1np} \cdot K_2 \cdot K_{2np} \cdot n_3 \cdot n_2 \cdot n_{1np}$
\bar{b}/\bar{b}	$B = X \cdot K_1 \cdot K_{1np} \cdot K_2 \cdot K_{2np} \cdot n_3^2 \cdot n_{2np}$

Таблица Ж.16 - Волны, 6 раз прошедшие через материал, комбинаций: 1

$\bar{b}-\bar{b}$	$B = X \cdot K_1 \cdot K_{1np} \cdot K_2^2 \cdot K_{2np}^2 \cdot n_3^2 \cdot n_{1np}$
-------------------	---

5 отражений

Таблица Ж.17 - Волны, 2 раза прошедшие через материал, комбинаций: 1

$m-m-m$	$B = X \cdot K_1 \cdot K_{1np} \cdot n_2^3 \cdot n_{1np}^2$
---------	---

Таблица Ж.18 - Волны, 4 раза прошедшие через материал, комбинаций: 6

$\bar{b}-m-m$	$B = X \cdot K_1 \cdot K_{1np} \cdot K_2 \cdot K_{2np} \cdot n_3 \cdot n_2^2 \cdot n_{1np}^2$
$m-\bar{b}-m$	$B = X \cdot K_1 \cdot K_{1np} \cdot K_2 \cdot K_{2np} \cdot n_3 \cdot n_2^2 \cdot n_{1np}^2$
$\bar{b}/\bar{b}-m$	$B = X \cdot K_1 \cdot K_{1np} \cdot K_2 \cdot K_{2np} \cdot n_3^2 \cdot n_2 \cdot n_{2np} \cdot n_{1np}$
$m-m-\bar{b}$	$B = X \cdot K_1 \cdot K_{1np} \cdot K_2 \cdot K_{2np} \cdot n_3 \cdot n_2^2 \cdot n_{1np}^2$
$m-\bar{b}/\bar{b}$	$B = X \cdot K_1 \cdot K_{1np} \cdot K_2 \cdot K_{2np} \cdot n_3^2 \cdot n_2 \cdot n_{2np} \cdot n_{1np}$
$\bar{b}/m/\bar{b}$	$B = X \cdot K_1 \cdot K_{1np} \cdot K_2 \cdot K_{2np} \cdot n_3^3 \cdot n_{2np}^2$

Таблица Ж.19 - Волны, 6 раз прошедшие через материал, комбинаций: 5

$\bar{b}-\bar{b}-m$	$B = X \cdot K_1 \cdot K_{1np} \cdot K_2^2 \cdot K_{2np}^2 \cdot n_3^2 \cdot n_2 \cdot n_{1np}^2$
$\bar{b}-m-\bar{b}$	$B = X \cdot K_1 \cdot K_{1np} \cdot K_2^2 \cdot K_{2np}^2 \cdot n_3^2 \cdot n_2 \cdot n_{1np}^2$
$m-\bar{b}-\bar{b}$	$B = X \cdot K_1 \cdot K_{1np} \cdot K_2^2 \cdot K_{2np}^2 \cdot n_3^2 \cdot n_2 \cdot n_{1np}^2$
$\bar{b}/\bar{b}-\bar{b}$	$B = X \cdot K_1 \cdot K_{1np} \cdot K_2^2 \cdot K_{2np}^2 \cdot n_3^3 \cdot n_{2np} \cdot n_{1np}$
$\bar{b}-\bar{b}/\bar{b}$	$B = X \cdot K_1 \cdot K_{1np} \cdot K_2^2 \cdot K_{2np}^2 \cdot n_3^3 \cdot n_{2np} \cdot n_{1np}$

Таблица Ж.20 - Волны, 8 раз прошедшие через материал, комбинаций: 1

$\bar{b}-\bar{b}-\bar{b}$	$B = X \cdot K_1 \cdot K_{1np} \cdot K_2^3 \cdot K_{2np}^3 \cdot n_3^3 \cdot n_{1np}^2$
---------------------------	---

3 Описание компьютерной программы расчета доли снижения шума трехслойным пакетом материалов

Блок-схема расчетной программы представлена на рисунке Ж.1.

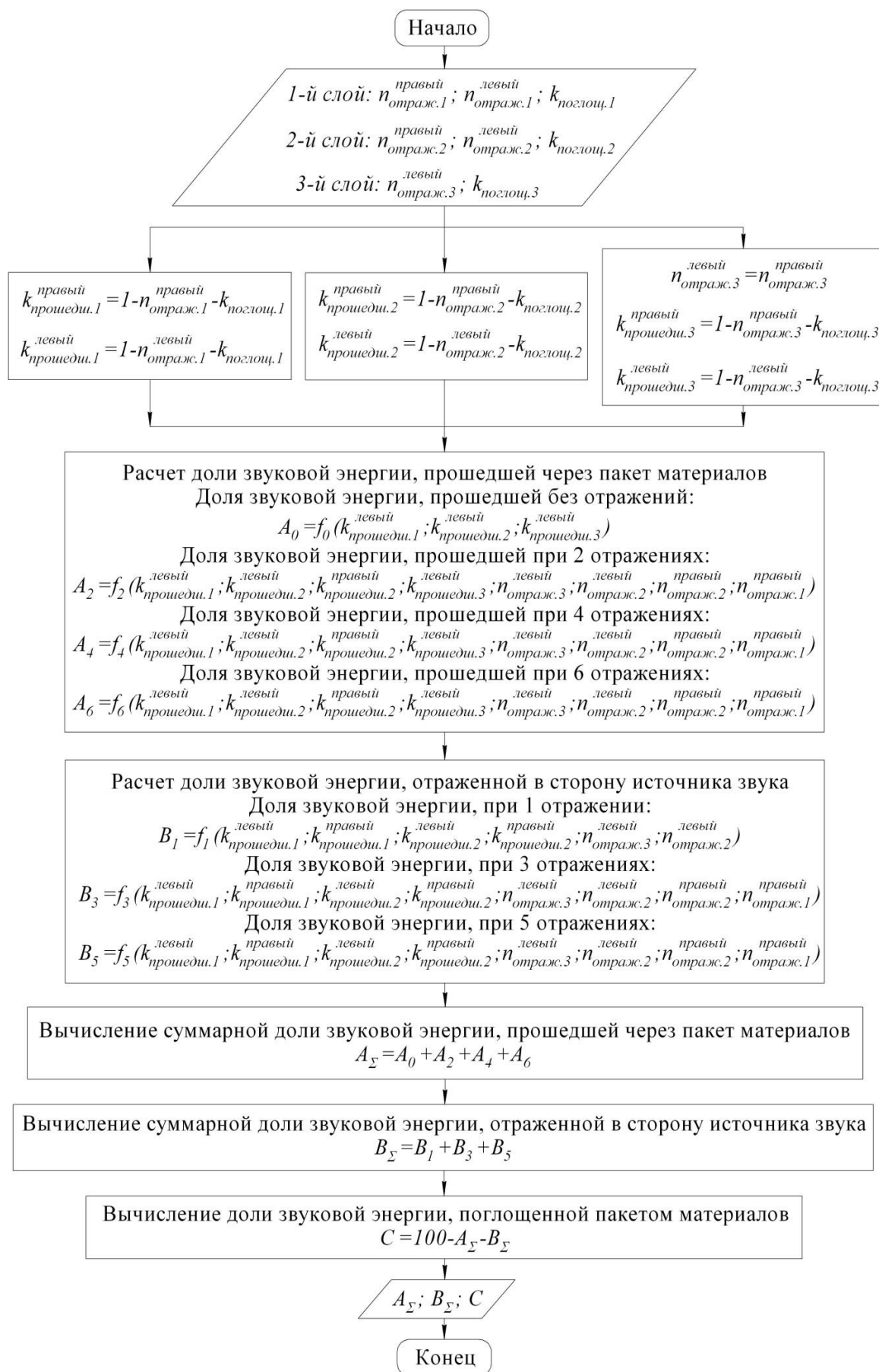


Рисунок Ж.1 – Блок-схема компьютерной программы расчета доли снижения шума трехслойным пакетом материалов

Интерфейс программы представлен на рисунке.

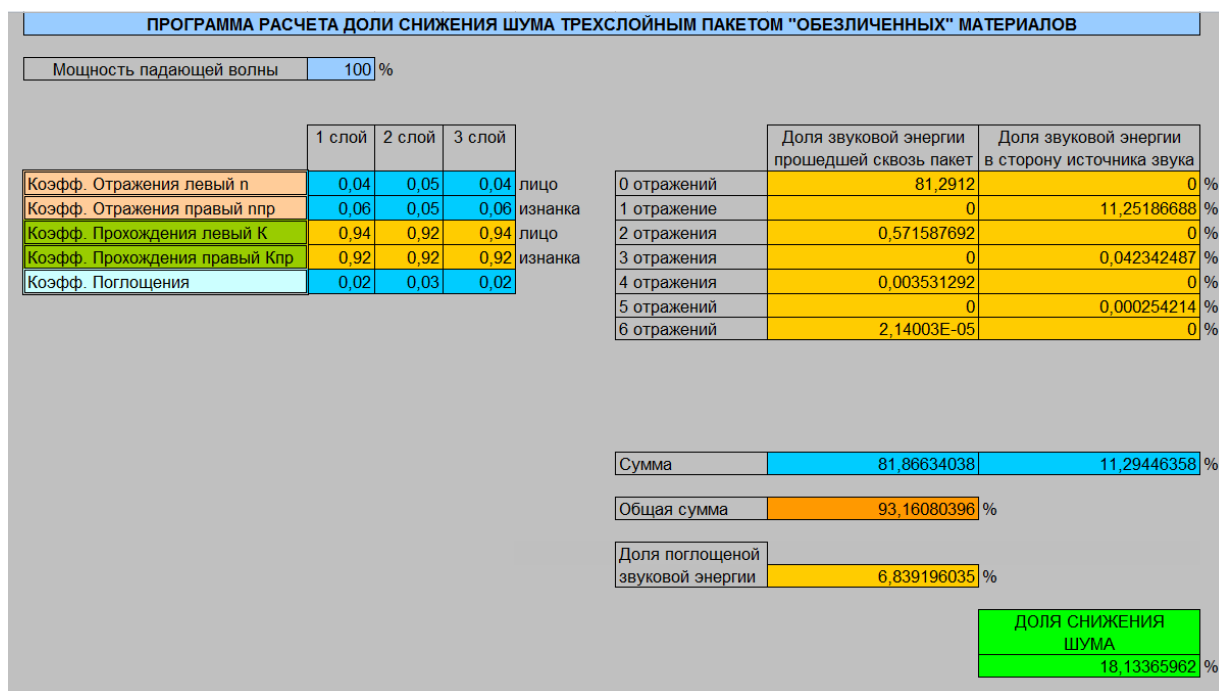


Рисунок Ж.2 – Интерфейс расчетной компьютерной программы

Таблица Ж.1 – Комбинации расположения материалов в пакете по отношению к источнику звука

№ комбинации	Сторона ближняя к источнику звука		
	1 слой	2 слой	3 слой
1	«лицо»	«лицо»	«лицо»
2	«лицо»	«лицо»	«изнанка»
3	«лицо»	«изнанка»	«лицо»
4	«лицо»	«изнанка»	«изнанка»
5	«изнанка»	«лицо»	«лицо»
6	«изнанка»	«лицо»	«изнанка»
7	«изнанка»	«изнанка»	«лицо»
8	«изнанка»	«изнанка»	«изнанка»

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Априорное ранжирование для выбора толщины пакета материалов проектируемого жилета

Количество образцов жилетов 8 шт. Толщины макетных жилетов: $X_1 - 5$ мм; $X_2 - 10$ мм; $X_3 - 15$ мм; $X_4 - 20$ мм; $X_5 - 25$ мм; $X_6 - 30$ мм; $X_7 - 35$ мм; $X_8 - 40$ мм.

Результаты опроса экспертов приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Результаты опроса экспертов и выполненных расчетов

Эксперты	Исследуемые образцы								T_j
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	
1	1,5	1,5	3,5	3,5	5	7	7	7	36
2	2	2	2	4,5	4,5	6	7,5	7,5	36
3	1,5	1,5	4	4	4	6	7	8	30
4	2	2	2	4,5	4,5	7	7	7	54
5	1,5	1,5	4	4	4	6	7,5	7,5	36
6	2,5	2,5	2,5	2,5	5	6	7,5	7,5	66
7	1,5	1,5	4	4	4	6	7	8	30
Сумма рангов, $\sum_{j=1}^m a_{ij}$	12,5	12,5	22	27	31	44	50,5	52,5	
Общая сумма рангов, $\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m a_{ij}$	252								
Средняя сумма рангов, $\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m a_{ij}$	31,5								
Отклонение суммы рангов от средней суммы рангов, Δ_i	-19	-19	-9,5	-4,5	-0,5	12,5	19	21	
Квадраты отклонений, Δ_i^2	361	361	90,25	20,25	0,25	156,25	361	441	
Сумма квадратов, $\sum_{j=1}^m \Delta_i^2$	1791								
Коэффициент конкордации, W	0,948								
Расчетный критерий Пирсона, χ_p^2	46,43								
Табличный критерий Пирсона, χ_T^2	14,1								

Данные опроса обрабатывались следующим образом. Для каждого фактора определялась сумма рангов $\sum_{j=1}^m a_{ij}$, где m – число опрошенных

экспертов; a_{ij} – ранг i -го образца, присвоенный j -м экспертом. Отклонение суммы рангов от средней суммы рангов для каждого образца рассчитывалось по формуле

$$\Delta_i = \sum_{j=1}^m a_{ij} - \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m a_{ij}; \quad (3.1)$$

где Δ_i – отклонение суммы рангов i -го образца от средней суммы рангов;

k – число факторов;

$\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m a_{ij}$ – средняя сумма рангов.

Поскольку в исследовании использовались «связанные» ранги, то коэффициент конкордации определяется по уравнению

$$W = \frac{12 \cdot S}{m^2(k^3 - k) - m \sum_j T_j}; \quad (3.2)$$

где $T_j = \sum_u (t_u^3 - t_u)$,

где u – число групп, образованных факторами одинакового ранга, в j -м ранжировании;

t_u – число одинаковых рангов в u -ой группе j -го ранжирования

Значимость коэффициента конкордации установлена с помощью критерия Пирсона, расчетное значение χ_p^2 которого определено по уравнению

$$\chi_p^2 = m(k-1)W; \quad (3.3)$$

Гипотеза о наличии согласия мнений опрошенных экспертов, принимается, если выполняется условие

$$\chi_p^2 \geq \chi_T^2; \quad (3.4)$$

где χ_T^2 – табличное значение критерия Пирсона, при 5% ном уровне значимости ($\alpha=0,05$) и числе степеней свободы $f = k - 1 = 8 - 1 = 7$, табличное значение $\chi_T^2 = 14,1$.

В результате расчетов установлено, что $\chi_p^2 \geq \chi_T^2$ ($46,43 \geq 14,1$), т.е. подтверждена гипотеза о наличии согласия мнений опрошенных экспертов. Результаты расчетов представлены в виде гистограммы на рисунке 3.1.

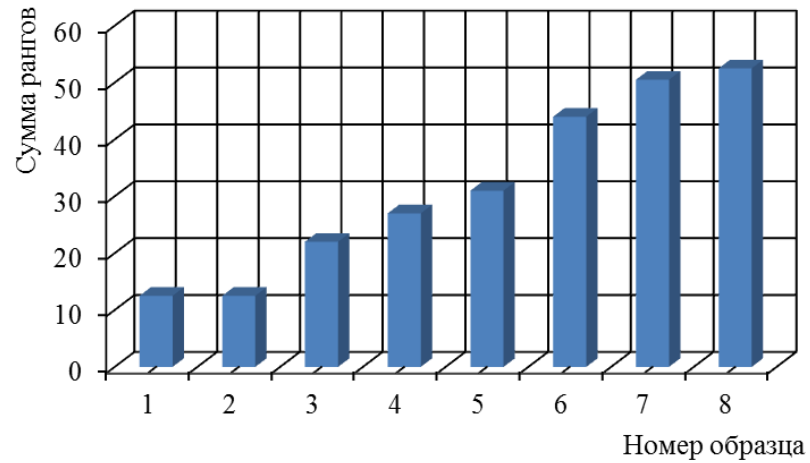


Рисунок 3.1 – Априорная диаграмма рангов

ПРИЛОЖЕНИЕ И

Исходные данные и расчетные формулы конструктивных параметров

Таблица И.1 – Величины конструктивных прибавок шумозащитного комплекта (куртка, брюки)

Наименование конструктивного параметра	Конструктивный участок	Конструктивная прибавка	Значение конструктивной прибавки, см
Ширина изделия на уровне линии глубины проймы	31-37	П16	12
В том числе:			
к ширине спинки	31-33	П47	4
к ширине переда	35-37	П45	2
к ширине проймы	33-35	П33-35	6
К полуобхвату бедер для куртки	511-570	П19	5
К длине куртки	11-91	П70	4
На свободу проймы	33-331	П39	6
К длине талии спинки	11-41	П40	2
К ширине горловины спинки	11-12	П11-12	2
К высоте горловины спинки	12-121	П12-121	2
К глубине горловины переда	16-161	П17-171	2
К длине плечевого среза	121-141	П31	3
На толщину пакета материалов	32-141	П5	1,5
К обхвату плеча	351-333	П28	10
К длине талии спереди	36-16	П36	3
К высоте оката	333-13	П333-13	2
К длине рукава	13-93	П68	4
К обхвату запястья	95-931	П29	10
К длине брюк	-		5
К полуобхвату бедер для брюк	-		10

Таблица И.2 - Расчетные формулы для определения основных конструктивных параметров чертежа шумозащитного жилета

№ п/п	Конструктивный параметр	Методика конструирования ЕМКО СЭВ	
		Обозначение отрезка	Расчетная формула
1	2	3	4
Положение основных горизонталей			
1	Длина спинки жилета	11-91	$T_{40}+(T_7-T_{12}) +\Pi_{yc}$
2	Расстояние от шейной точки до линии лопаток	11-21	$0,3T_{40} + \Pi$
3	Расстояние от шейной точки до линии обхвата груди	11-31	$T_{39}+\Pi$
4	Расстояние от шейной точки до линии талии	11-41	$T_{40}+\Pi$
5	Расстояние от линии талии до линии бедер	41-51	$0,65\times(T_7-T_{12}) +\Pi$
Положение основных вертикалей			
6	Ширина спинки	31-33	$0,5T_{47}+\Pi$
7	Ширина проймы (ШП)	33-35	$T_{57}+\Pi$
8	Ширина переда	35-37	$0,5 (T_{45}+T_{15}-a_8-T_{14})+\Pi$
а ₈ =1,2 см;			
Ширина базисной сетки			
9	Ширина изделия по линии груди	31-37	$/31-33/+/33-35/+/35-37/$
10	Расстояние от линии груди до линии талии спереди	37-47	$T_{40}-T_{39}+\Pi$
11	Расстояние от линии талии до линии бедер спереди	47-57	$0,65(T_7-T_{12})+\Pi$
12	Расстояние от линии талии до низа жилета спереди	47-97	$T_7-T_{12}+\Pi_{yn}$
13	Расстояние от заднего угла подмышечной впадины до положения вершины проймы переда	33-13	$3,5-0,08T_{47}$
14	Расстояние от переднего угла подмышечной впадины до положения вершины проймы переда	35-15	$0,44 T_{38}+\Pi$
Построение проймы спинки			
15	Углубление проймы спинки	33-331	Π_{cnp}
16	Углубление проймы переда	35-351	Π_{cnp}
17	Расстояние от вертикали, касательной к пройме спинки, до нижней точки касания проймы	331-341	$0,62\times /33-35/+a_{17}$

продолжение таблицы И.1

1	2	3	4	
Построение проймы переда				
18	Расстояние от вертикали, касательной к пройме переда, до нижней точки касания проймы	351-341'	0,38×/33-35/ -a ₁₈	
19	Расстояние от подмышечной линии до задней точки касания проймы	331-332	0,62× /33-35/+a ₁₉	
20	Радиус для оформления нижней части проймы спинки	R332-342	0,62× /33-35/+a ₁₉	Пересечение дуг 342-центр окружности для оформления нижней части проймы спинки
20.1		R341-342	0,62× /33-35/+a ₁₉	
a ₁₇ =0÷1,5; a ₁₈ =0÷1,5; a ₁₉ =0÷2,5; a ₂₁ =0÷1,5.				
20	Линия нижней части проймы спинки	Дуга 341-342	Из 342 R342-341 дуга от 341 до 332. Из 332 R332-13 дуга вправо	
21	Расстояние от подмышечной линии до передней точки касания проймы	351-352	0,38×/33-35/ -a ₂₁	
22	Радиус для оформления нижней части проймы переда	R352-343	0,38×/33-35/ -a ₂₁	Пересечение дуг 343-центр окружности для оформления нижней части проймы переда
22.1		R341'-343	0,38×/33-35/ -a ₂₁	
22.2	Линия нижней части проймы переда	Дуга 431'-352	Из 343 R343-341' дуга от 341' до 352. Из 352 R R 52-15 дуга влево	
Построение средней линии спинки				
23	Отведение средней линии спинки вверх	11-111	0см	
24	Отведение средней линии спинки на линии талии;	41-411	0,75см	
25	Отведение средней линии спинки на линии бедер;	51-511	0,75см	
26	Отведение средней линии спинки на линии низа;	91-911	0,75см	
27	Ширина горловины спинки	111-12	0,18T ₁₃ +Π	
28	Расстояние от средней линии спинки до точки касания линии горловины	111-112	0,25/111 -12/	

продолжение таблицы И.1

1	2	3	4
29	Высота горловины спинки	12-121	0,08T ₁₃ +П* (* Из П ₁₂₋₁₂₁ необходимо вычитать ПК ₁₁₋₃₁)
*- Из П ₁₂₋₁₂₁ необходимо вычитать ПК ₁₁₋₂₁			
30	Корректировка ширины плеча	13-14	3,5 -0,08T ₄₇
31	Расстояние от вершины горловины спинки до правой стороны вытачки на выпуклость лопаток	121-122	к ₃₁ × /121-14/
к ₃₁ =0,42 (колеблется от 0,4 до 0,5 см.)			
32	Расстояние от средней линии спинки до положения основания шеи сбоку на линии груди	31-32	0,17T ₄₇ +011+П
33	Длина вытачки на выпуклость лопаток	122-22	0,5 × /122-32/
34	Величина угла на выпуклость лопаток	∠122-22-122'	β ₃₄ -1,7° _{тп} -0,9°ПС ₃₁₋₃₅ =11°
35	Расстояние от правой стороны вытачки на выпуклость лопаток до конца плечевой линии при раскрытой вытачке	R122-14'	122'-14
36	Вспомогательный радиус	R 22-141	22-14' Пересечение дуг -141
37	Длина правой стороны вытачки на выпуклость лопаток	R22-123	22-123'
Оформление линии горловины спинки			
38	Вспомогательный отрезок	121-113	Влево по продолжению /123'-121/
38.1	Вспомогательный отрезок М Ж, Д, Ма	111-113	Вверх по продолжению /21-111/ или /21-11/ до пересечения с продолжением /123'-121/ - точка 113
		11-113	
39	Радиус для оформления горловины спинки (а ₃₉ *=0÷1,5 корректировка радиуса в зависимости от необходимой кривизны горловины спинки)	R 121-114	121-113 - а ₃₉ *
39.1		R112-114=	/121-113/-а ₃₉ Пересечение дуг 114- центр окружности для оформления линии горловины спинки
а ₃₉ =0÷1,5 – корректировка радиуса в зависимости от необходимой кривизны горловины спинки			
40	Линия горловины спинки	Дуга 121-112	Из 114 R114-121 от 121 до 112 дуга и далее по прямой /112-111/ или /112-11/
Оформление линии верхней части проймы спинки			
41	Вспомогательный отрезок	14'-342'	Вправо по продолжению /123-14'/

продолжение таблицы И.1

1	2	3	4
41. 1		332-342'	Вправо по продолжению /332-342/ до пересечения с продолжением /123-14'/ - точка 342'
			Дуга вправо
42	Радиус для оформления верхней части проймы спинки	$R\ 14'-342''=14'-342'$	Пересечение дуг 342'' - центр окружности для оформления верхней части линии проймы спинки
			Дуга вправо
43	Верхняя часть линии проймы спинки	Дуга 332-14'	Из 342'' R14'-342' дуга от 332 до 14'
Конструкция вытачек на выпуклость живота и груди			
44	Выступ живота на линии талии	47-471	$0,24T18-0,5(T45+T15-1,2-T14)$
45	Расстояние от средней линии переда до положения центра груди на линии талии	471-46	$0,5\ T46+П$
46	Вспомогательный отрезок	46-471'	Из 46 ⊥ вправо до пересечения с /471-37/ - точка 471' ✕ 471-46-471' - вытачка на выпуклость живота
47	Расстояние от линии талии до центра груди	46-36	$T36-T35+П$
48	Расстояние от центра груди до средней линии переда	36-371	471'-46
49	Радиус вспомогательной дуги	$R36-372$	$T35-T34+П$
50	Радиус вспомогательной дуги	$R36-372'$	36-372
50. 1	Ширина вытачки на выпуклость груди	$372-372'$	$0,5(T15-a_8-T14)-0,25\ П_{C36-37}$
$a_8=1,2\ \text{см};$			
50. 2	Верхняя сторона вытачки на выпуклость груди	$R\ 36-371'$	36-371
Конструкция горловины и плечевой линии переда			
51	Ширина горловины переда	371'-361	$0,18T13+П$
52	Расстояние от центра груди до вершины горловины	36-16	$T44-(T40+0,07T13-0,7)-(T36-T35)+П$
53	Ширина плеча переда	$R16-14''$	121-14 (с чертежа спинки)
54	Глубина горловины переда	16-161	$0,195T13 +П$
Оформление линии горловины переда			
55	Вспомогательный отрезок	16-171	Вправо по продолжению /14''-16/

продолжение таблицы И.1

55. 1	Вспомогательный отрезок	17-171	Вверх по продолжению /371'-17/ до пересечения с продолжением /14''-16/ в точке 171 /16-171/ - радиус окружности для оформления линии горловины переда	
56	Радиус для оформления горловины переда	R16-172	/16-171/-a ₅₆	Пересечение дуг 172-центр окружности для оформления линии горловины переда
56. 1		R16-172	/16-171/-a ₅₆	
57	Линия горловины переда	Дуга 16-17	Из 172 /16-17/ - a ₅₆ дуга от 16 до 17	
a ₅₆ - 0				
Оформление линии верхней части проймы переда				
58	Вспомогательный отрезок	14'' - 343'	Из 172 R /16-171/ -a ₅₆ дуга от 16 до 17	
58. 1	Вспомогательный отрезок	R 352-343''	Влево по продолжению /352-343/ до пересечения с продолжением /16-14''/ в точке 343'	
59	Радиус для оформления верхней части проймы переда	R14''-343''	14'' - 343'	Пересечение дуг 343'' - центр окружности для оформления верхней части линии проймы переда
59. 1	Радиус для оформления верхней части проймы переда	R 352-343'	14'' - 343'	
60	Линия верхней части проймы переда	Дуга 352-14''	Дуга из 343'' R 14''-343' от 352 до 14''	
Исходная модельная конструкция жилета				
61	Размоделирование плечевой вытачки спинки		Перевод вытачки в пройму спинки на удлинение	
62	Размоделирование нагрудной вытачки		Перевод вытачки в пройму переда на удлинение	
63	Спуск линии плеча спинки	Прямая	Параллельно 121-14	
64	Ширина выступа спинки	46-46'=46-46''	На прямой вверх и вниз от линии талии 0,5×/46-36/-2,0	
65	Линия низа выступа спинки	941'-46''	Отрезок вправо	
66	Оформление верхней линии выступа спинки	341''-46'	Плавная линия	
67	Положение линии первого членения петрофома	36-361	(Т ₄₀ +П-Т ₃₉ +П)/2	

продолжение таблицы И.1

1	2	3	4
68	Положение линии первого членения иглопробивного материала	46-461	$(T_{40} + \Pi - T_{39} + \Pi) / 2 - 3,0$
69	Положение линии второго членения петрофома	36-362	$(0,65 \times (T_7 - T_{12}) + \Pi) / 2$
70	Положение линии второго членения иглопробивного материала	46-462	$(0,65 \times (T_7 - T_{12}) + \Pi) / 2 - 3,0$
71	Вспомогательный отрезок	R 46-96'	Дуга из 46 на линии 46-96 Вниз по продолжению /36-46/ до пересечения с продолжением /46-96/-4,0 в точке 96'
72	Оформление линии низа переда изделия	91'-96'-97	Вправо, плавный спуск до середины переда

ПРИЛОЖЕНИЕ К

Технология изготовления шумозащитного комплекта

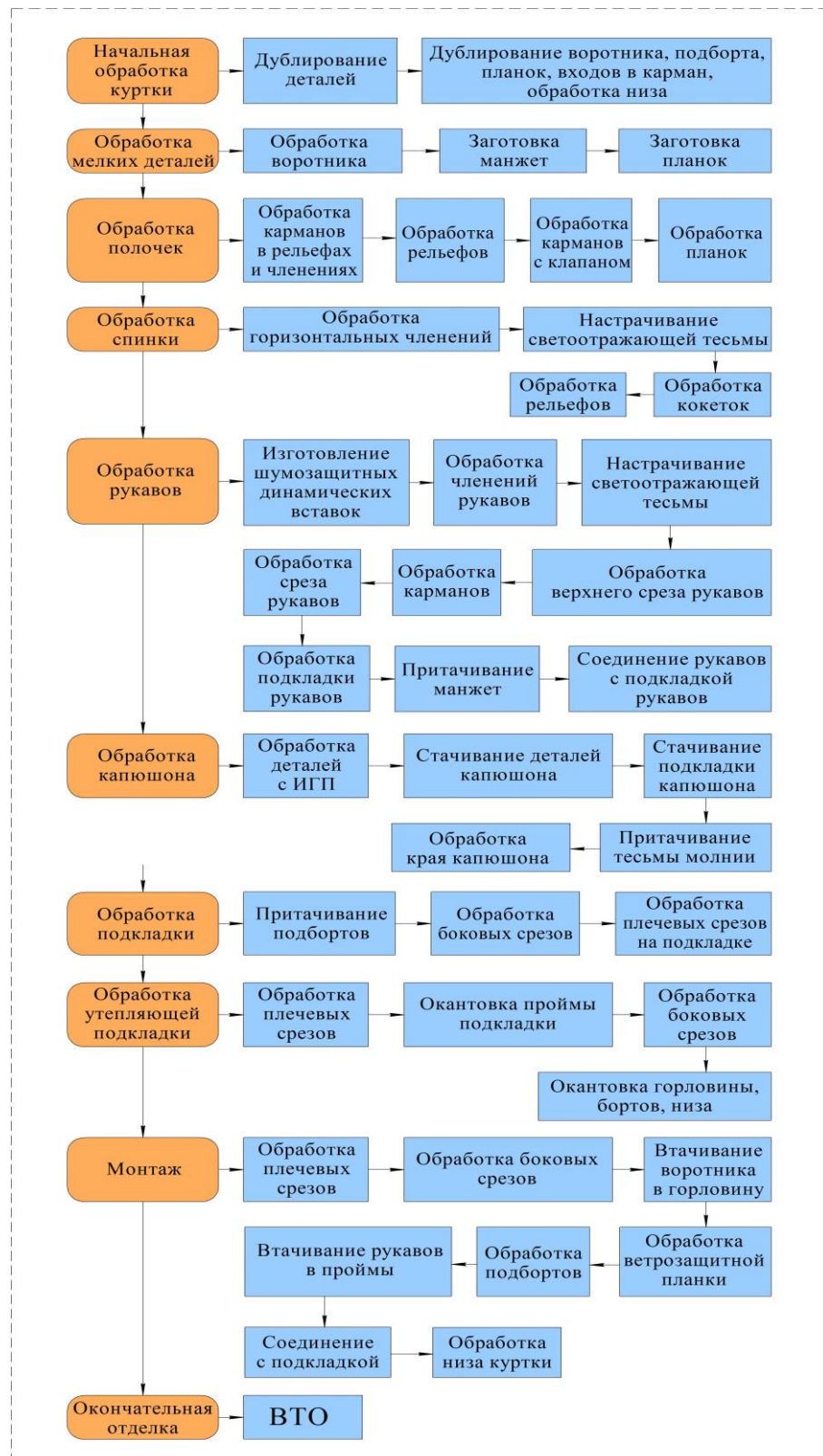


Рисунок К.1 – Схема сборки мужской куртки

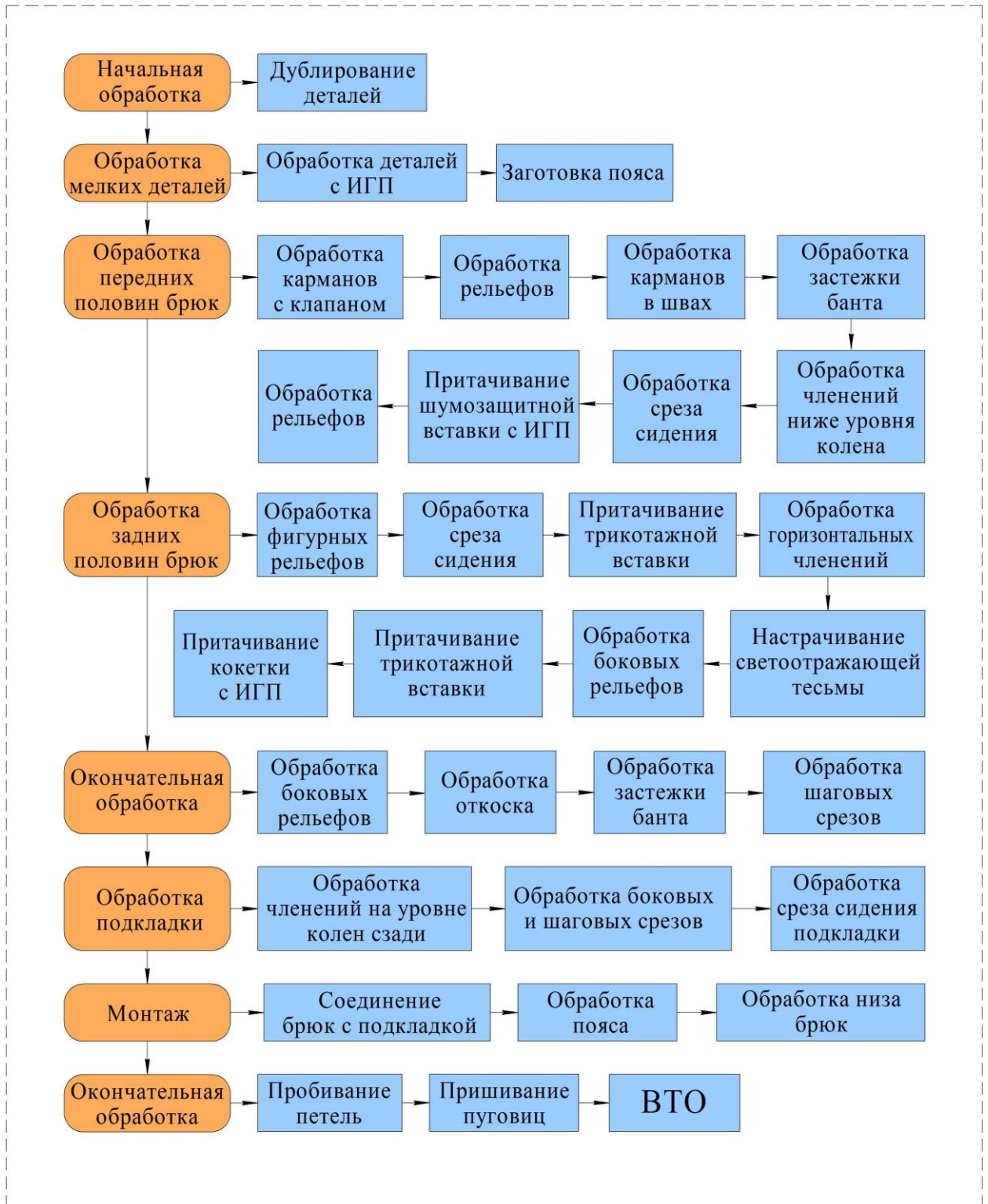


Рисунок К.2 – Схема сборки мужских брюк

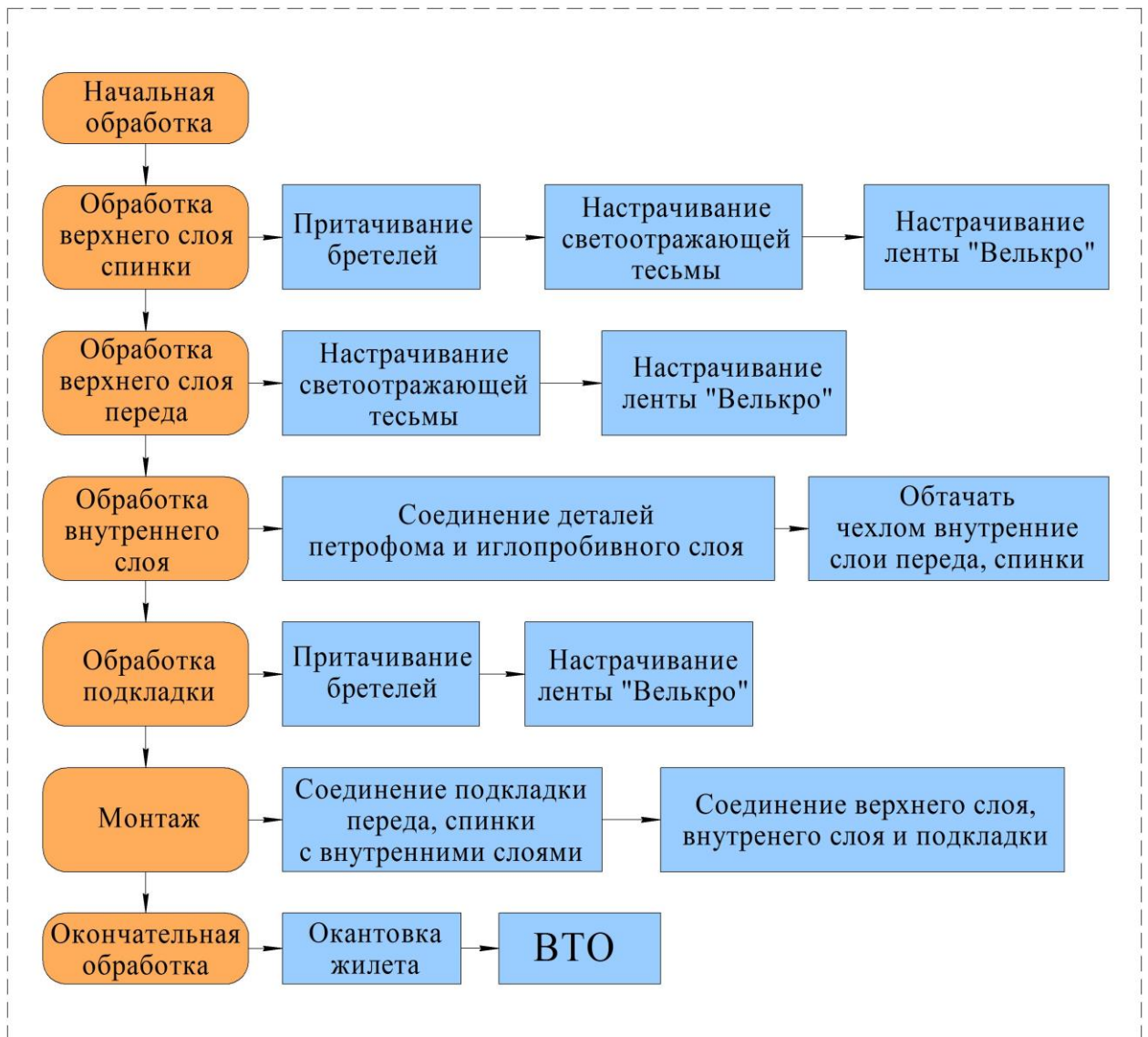


Рисунок К.3 – Схема сборки мужского жилета

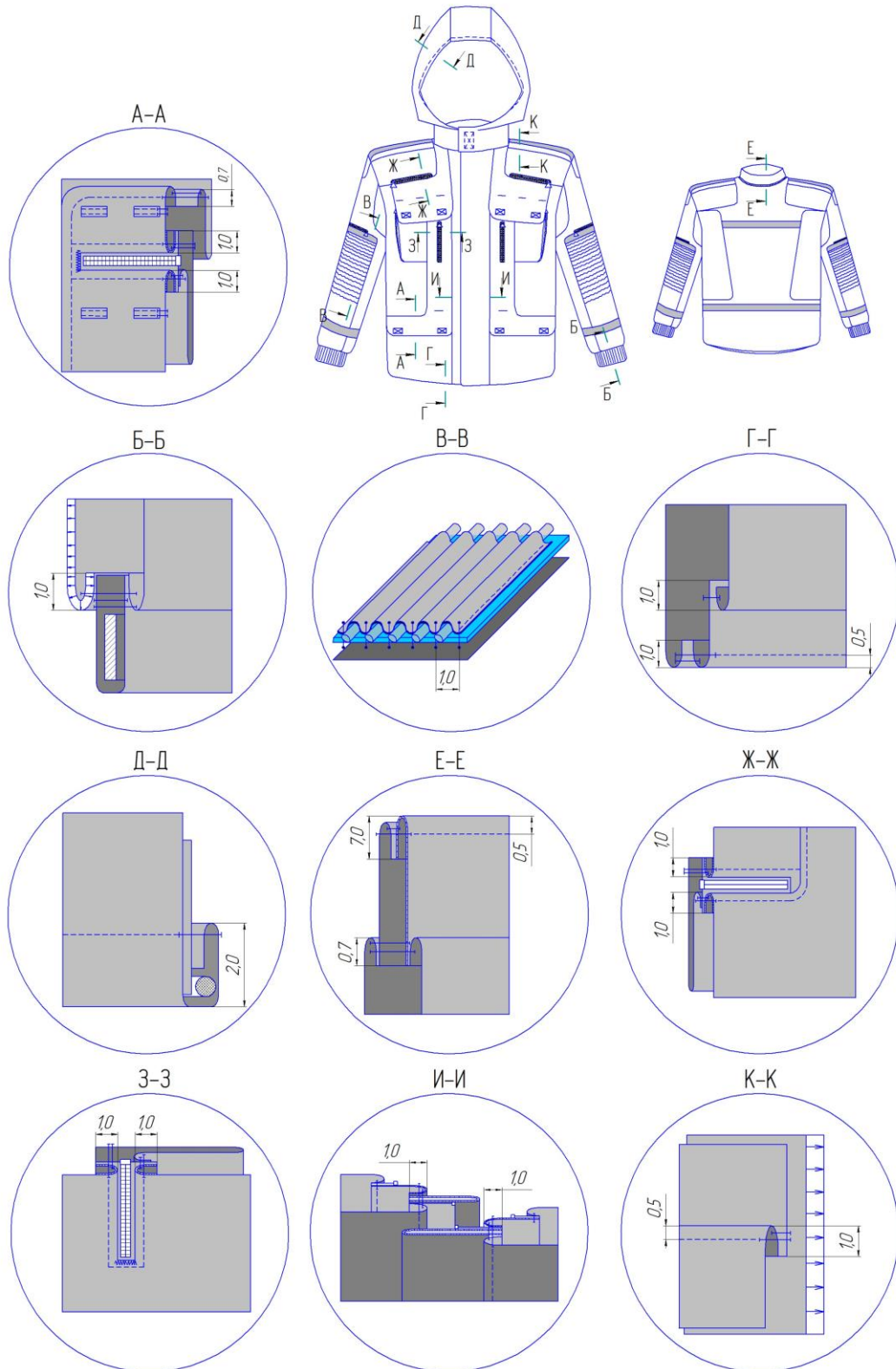


Рисунок К.4 – Модульная карта обработки и сборки куртки шумозащитного комплекта

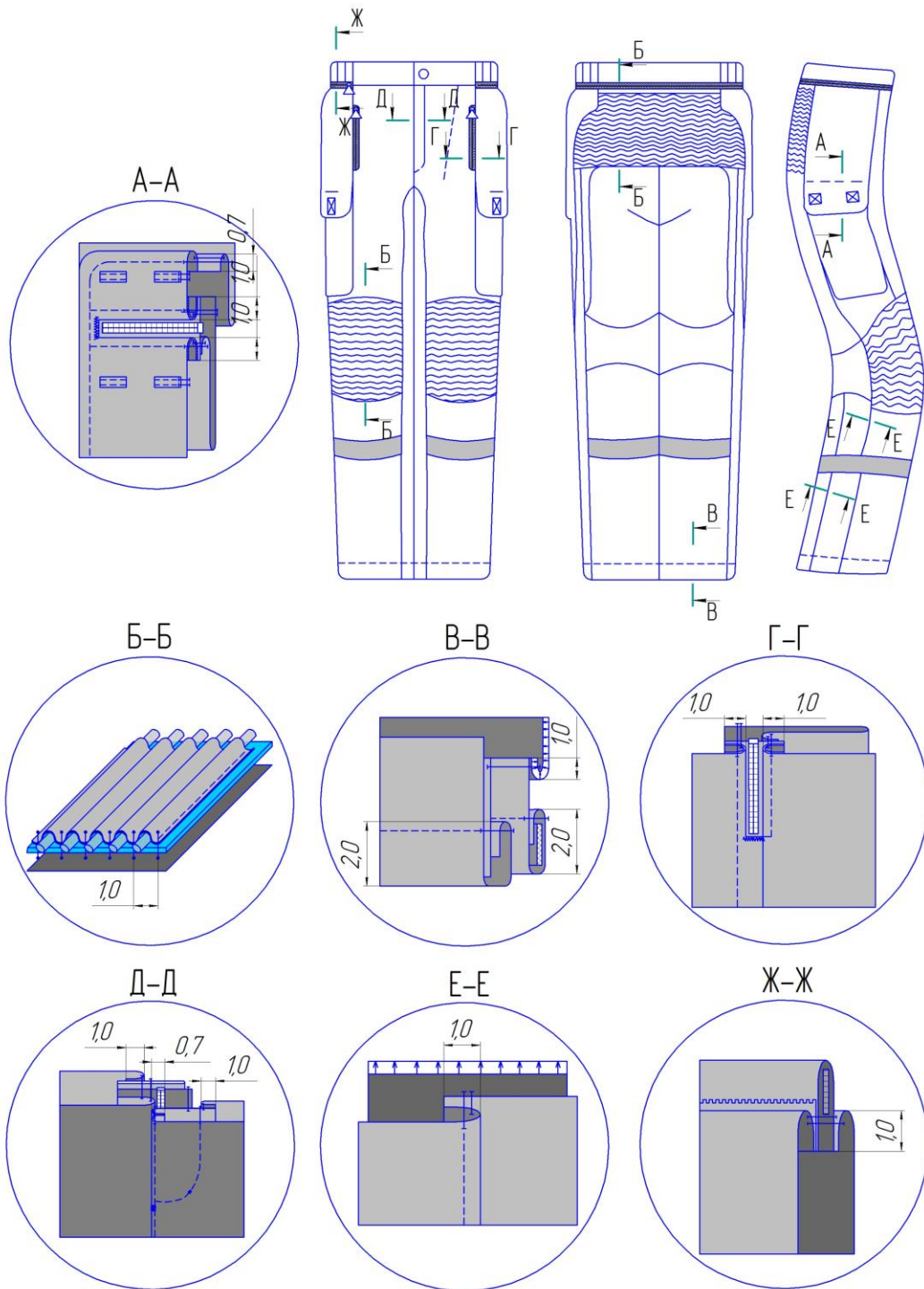


Рисунок К.5 – Модульная карта обработки и сборки брюк шумозащитного комплекта

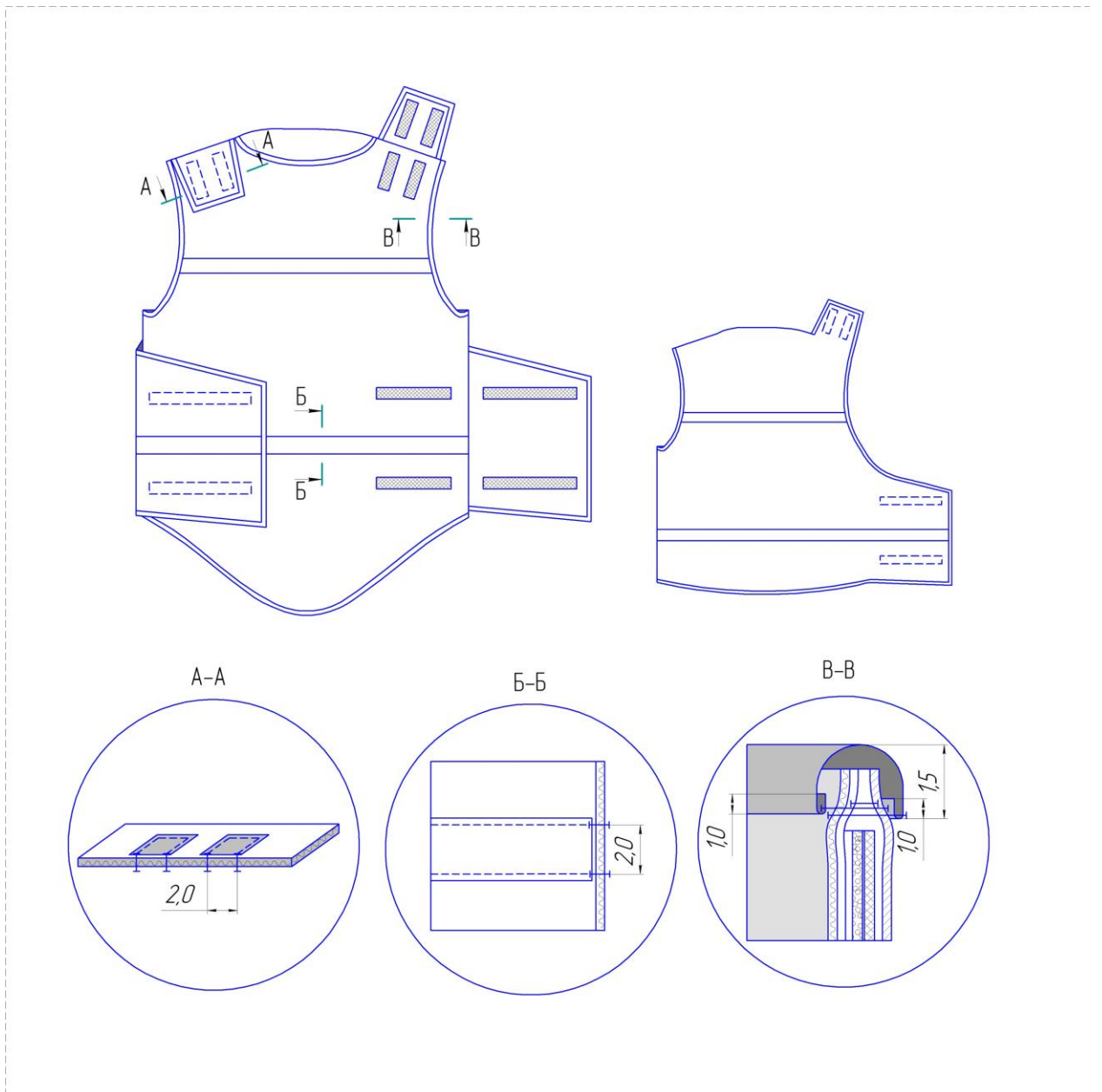


Рисунок К.6 – Модульная карта обработки и сборки шумозащитного жилета

Таблица К.1 – Справочник технологических операций по изготовлению
специальной мужской куртки

№ п/п	Наименование технологической операции	Специальность	Разряд	Затрата времени, сек	Оборудование, приспособление, инструменты
1	2	3	4	5	6
Начальная обработка					
1	Соединить с клеевой прокладкой клапаны кармана	У	2	42	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
2	Соединить с клеевой прокладкой планку центральной части полочек	У	2	32	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
3	Соединить с клеевой прокладкой верхний воротник	У	2	93	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
4	Соединить с клеевой прокладкой входы в карман на полочках	У	2	43	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
5	Соединить с клеевой прокладкой подборта изделия	У	2	28	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
6	Соединить с клеевой прокладкой обтачки низа изделия	У	2	21	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
Обработка мелких деталей					
7	Обтачать верхний воротник нижним	М	3	15	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
8	Высечь уголки воротника	Р	1	10	ножницы
9	Вывернуть воротник, выправляя углы	Р	1	20	кольшечек
10	Приутюжить воротник	У	2	43	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
11	Проложить отделочную строчку по отлету воротника	М	3	30	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
12	Стачать концы манжет рукава	М	3	30	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
13	Вывернуть манжеты	Р	1	20	кольшечек
14	Приутюжить манжеты рукавов кольцо	У	2	51	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
15	Стачать эластичную тесьму в кольцо	М	3	30	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
16	Проложить строчку по верхним срезам манжет, вкладывая резинку	М	3	60	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
17	Стачать нижние срезы планки центральной части полочки	М	3	79	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
18	Высечь уголки планки	Р	1	10	ножницы
19	Вывернуть планку, выправляя углы	Р	1	20	кольшечек
20	Приутюжить планку центральной части полочки пополам	У	2	60	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
Обработка полочек					
21	Притачать подкладку вертикальных карманов с тесьмой-молнией к основным деталям	М	3	180	131-12+50 АО «Орша», Беларусь

продолжение таблицы К.1

1	2	3	4	5	6
22	Притачать нижние края подкладки с тесьмой-молнией карманов к основным деталям	М	3	270	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
23	Вывернуть молнии на лицевую сторону, выправить углы	Р	1	120	кольшечек
24	Настрочить нижние и боковые края кармана	М	3	56	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
25	Стачать подкладку кармана	М	2	20	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
26	Настрочить верхний край кармана	М	2	10	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
27	Приутюжить рамки карманов	У	2	190	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
28	Обтачать клапан подкладкой клапанов	М	3	152	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
29	Высечь швы обтачивания в уголках клапанов	Р	1	50	ножницы
30	Вывернуть и выправить клапаны	Р	1	120	кольшечек
31	Приутюжить клапаны, выправляя кант	У	2	90	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
32	Стачать рельефные срезы полочек от горловины	М	3	380	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
33	Заутюжить швы полочек	У	2	290	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
34	Проложить отделочную строчку по рельефным швам полочек	М	3	628	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
35	Притачать кокетки к полочкам	М	3	60	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
36	Притачать подкладки верхних карманов к подзорам	М	3	36	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
37	Притачать нижние срезы подкладки карманов к молниям	М	3	54	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
38	Притачать молнии к верхним кокеткам	М	3	24	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
39	Разрезать основные детали кокетки по линиям входа в карман между строчками и в концах карманов	Р	1	22	ножницы
40	Вывернуть молнии на лицевую сторону, выправить углы	Р	1	24	кольшечек
41	Приутюжить входы в карманы	У	2	38	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
42	Проложить отделочную строчку по швам притачивания молний	М	3	84	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
43	Притачать кокетки к основным деталям полочек	М	3	42	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
44	Выполнить надсечки на закруглениях швов притачивания кокеток к полочкам	Р	1	42	ножницы

продолжение таблицы К.1

1	2	3	4	5	6
45	Заутюжить швы притачивания кокеток к полочкам	У	2	31	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
46	Проложить отделочную строчку по швам притачивания кокеток к полочкам	М	3	34	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
47	Притачать верхние срезы подкладок карманов к основной детали полочек	М	3	140	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
48	Стачать подкладку нижних карманов	М	3	210	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
49	Приутюжить рамки нижних карманов	У	2	90	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
Обработка спинки					
50	Настроить светоотражающую тесьму на детали спинки	М	3	34	467А-273-G2×25 «Дюкорпп Адлер»
51	Стачать верхние и нижние горизонтальные членения спинки	М	3	24	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
52	Заутюжить швы притачивания	У	2	18	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
53	Стачать рельефные срезы спинки	М	3	80	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
54	Заутюжить рельефные швы спинки	У	2	31	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
55	Проложить отделочную строчку по рельефным швам спинки	М	1	53	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
56	Притачать кокетки к основным деталям спинке	М	3	42	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
57	Заутюжить швы притачивания кокеток к спинке	У	2	31	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
58	Проложить отделочную строчку по рельефным швам спинки	М	1	48	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
Обработка рукавов					
59	Настроить кевлар на трикотаж	М	3	840	867-490322-М CLASSIC E424/10/9 «Дюкорпп Адлер»
60	Притачать вставки с защипами к нижним частям рукавов	М	3	18	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
57	Заутюжить шов притачивания ...	У	2	18	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
58	Втачать центральную часть рукава в фигурный подрез	М	3	40	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
59	Притачать подкладки верхних карманов к подзорам	М	3	36	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
60	Притачать нижние срезы подкладки карманов к молниям	М	3	54	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
61	Притачать молнии к верхним деталям рукавов	М	3	24	131-12+50 АО «Орша», Беларусь

продолжение таблицы К.1

1	2	3	4	5	6
62	Разрезать основные верхние детали по линиям входа в карман между строчками и в концах карманов	Р	1	22	ножницы
63	Вывернуть молнии на лицевую сторону, выправить углы	Р	1	24	колышек
64	Приутюжить рамки карманов	У	2	38	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
65	Проложить отделочную строчку по швам притачивания молний	М	3	84	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
66	Стачать верхнюю часть рукава с нижней	М	3	24	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
67	Заутюжить шов притачивания верхней и нижней частей рукавов	У	2	18	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
68	Настрочить светоотражающую тесьму	М	3	34	467А-273-G2×25 «Дюкорп Адлер»
69	Стачать рельефные срезы рукавов	М	3	60	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
70	Заутюжить рельефные швы рукавов	У	2	18	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
71	Проложить отделочную строчку по рельефным швам	М	3	36	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
72	Настрочить кокетки к рукавам	М	3	42	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
73	Стачать нижние срезы рукавов	М	3	18	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
74	Разутюжить нижние швы рукавов	У	2	18	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
75	Стачать срез подкладки рукавов	М	3	10	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
76	Притачать подкладку к рукавов в шов притачивания манжет	М	3	20	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
Обработка капюшона					
77	Настрочить кевлар на трикотаж	М	3	840	867-490322-М CLASSIC E424/10/9 «Дюкорп Адлер»
78	Стачать детали капюшона из основной ткани	М	3	20	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
79	Заутюжить швы стачивания капюшона	У	2	18	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
80	Стачать детали подкладки капюшона	М	3	20	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
81	Притачать тесьму-молнию к капюшону	М	3	20	131-12+50 АО «Орша», Беларусь, однорожковая лапка
82	Вывернуть капюшон на лицевую сторону выправляя углы	Р	1	3	колышек
83	Наметить места расположения блочков	Р	1	3	Мел, лекало

продолжение таблицы К.1

1	2	3	4	5	6
84	Установить блочки на концах капюшона	Р	3	20	Пресс пневматический 4-х позиционный ППУ 2.4-100
85	Проложить строчку по краю капюшона вкладывая эластичный шнур	М	3	20	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
Обработка утепляющей подкладки					
86	Стачать плечевые срезы	М	3	10	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
87	Окантовать плечевые срезы	М	3	24	131-12+50 «Орша», Беларусь, Спец. пр.4-30 МОМЗ ЦНИИШП АО
88	Окантовать срезы проймы	М	3	54	131-12+50 «Орша», Беларусь, Спец. пр.4-30 МОМЗ ЦНИИШП АО
88	Стачать боковые срезы	М	3	23	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
89	Окантовать боковые срезы	М	3	24	131-12+50 «Орша», Беларусь, Спец. пр.4-30 МОМЗ ЦНИИШП АО
90	Настрочить тесьму молнию на утепляющую подкладку	М	3	23	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
91	Окантовать срезы утепляющей подкладки по горловине, бортам, низу	М	3	24	131-12+50 «Орша», Беларусь, Спец. пр.4-30 МОМЗ ЦНИИШП АО
Обработка подкладки					
92	Притачать подборт с тесьмой-молнией к подкладке полочки	М	3	54	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
93	Стачать боковые срезы подкладки	М	3	24	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
94	Стачать плечевые срезы подкладки	М	3	12	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
95	Заутюжить плечевые швы подкладки	У	2	12	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
96	Заутюжить боковые швы подкладки	У	2	24	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
Монтаж					
97	Стачать плечевые срезы	М	3	18	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
98	Разутюжить плечевые швы	У	2	14	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
99	Стачать боковые срезы	М	3	36	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
100	Заутюжить боковые швы	У	2	24	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск

продолжение таблицы К.1

1	2	3	4	5	6
101	Втачать воротник в горловину	М	3	60	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
102	Притачать подкладку по внутреннему срезу подбортов и горловине, вставляя тесьму-молнию и планки	М	3	24	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
103	Приутюжить полочки	У	2	30	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
104	Проложить отделочную строчку по шву притачивания планок к полочкам	М	3	24	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
105	Обтачать низ куртки	М	3	50	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
106	Притачать подкладку к верхнему срезу обтачки	М	3	78	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
107	Настрочить шов обтачивания на обтачку	М	3	64	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
108	Притачать подкладку по низу куртки	М	3	64	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
109	Вывернуть куртку через технологическое отверстие в рукаве	Р	1	20	-//-
110	Застрочить технологической отверстие в подкладке рукавов	М	2	24	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
111	Приутюжить низ изделия	У	2	24	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
112	Проложить отделочную строчку по низу куртки	М	3	36	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
Окончательная отделка					
113	Настрочить ленту велькро на планки	М	3	52	131-12+50 АО «Орша», Беларусь -
114	Окончательная ВТО	У	2	30	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
115	Навесить преискуранный ярлык	Р	1	35	Этикет-пистолет
116	Скомплектовать куртку по маршрутным листам	Р	3	107	-//-
117	Сдать на склад изделие	Р	3	46	-//-
Итого:				8213	

Таблица К.2 – Справочник технологических операций по изготовлению специальных мужских брюк

№ п/п	Наименование технологической операции	Специальность	Разряд	Затрата времени, сек	Оборудование, приспособление, инструменты
1	2	3	4	5	6
Начальная обработка					
1	Соединить с клеевой прокладкой клапаны	У	2	42	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск

продолжение таблицы К.2

1	2	3	4	5	6
2	Соединить с клеевой прокладкой пояс передних половинок брюк	У	2	36	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
3	Соединить с клеевой прокладкой пояс задних половинок брюк	У	2	36	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
Обработка мелких деталей					
4	Настрочить кевлар на трикотаж	М	3	840	867-490322-М CLASSIC E424/10/9 «Дюкорпш Адлер»
6	Стачать пояс из частей	М	3	30	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
	Разутюжить швы стачивания пояса из частей	У	2	24	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
7	Обтачать концы пояса	М	3	30	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
8	Вывернуть, выправить концы пояса	Р	1	42	колышек
9	Приутюжить пояс	М	3	30	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
	Проложить скрепляющую строчку по поясу брюк, вкладывая эластичную тесьму	М	3	36	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
Обработка передних половинок					
10	Притачать подкладки карманов к подзорам	М	3	180	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
11	Притачать нижние срезы подкладки карманов к молниям	М	3	270	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
12	Притачать молнии к передним половинкам	М	3	132	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
13	Вывернуть молнии на лицевую сторону, выправить углы	Р	1	120	колышек
14	Приутюжить рамки карманов	У	2	40	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
15	Проложить отделочную строчку по швам притачивания молний	М	3	124	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
16	Притачать верхние срезы подкладок карманов к передним половинкам	М	3	60	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
17	Стачать подкладки карманов	М	3	35	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
18	Приутюжить карманы	У	2	28	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
19	Обтачать клапаны подкладкой клапанов	М	3	52	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
20	Высечь швы обтачивания в уголках клапанов	Р	1	20	ножницы
21	Вывернуть и выправить углы клапанов	Р	1	18	колышек
22	Приутюжить клапаны	У	2	28	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
23	Проложить отделочную строчку по краю клапанов	М	3	40	131-12+50 АО «Орша», Беларусь

продолжение таблицы К.2

24	Притачать откосок к правой половинке с тесьмой-молнией	М	3	66	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
25	Проложить отделочную строчку по шву притачивания откоска к правой половинке	М	3	10	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
26	Обтачать левую половинку гальфика	М	3	12	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
27	Проложить отделочную строчку по гульфику	М	3	15	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
28	Настрочить тесьму-молнию на гульфик	М	3	10	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
29	Наметить место расположения отделочной строчки на левой половинке брюк	Р	2	10	Мел, лекало
30	Проложить отделочную строчку по левой половинке	М	3	10	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
31	Приутюжить застежку	У	2	30	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
32	Выполнить закрепки по застежке-банту	А	3	12	1820-9 АО «Орша», Беларусь
33	Притачать подкладки вертикальных карманов к подзорам	М	3	36	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
34	Притачать нижние срезы подкладки карманов к молниям	М	3	54	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
35	Притачать молнии к передним половинкам	М	3	24	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
36	Разрезать передние половинки по линиям входа в карман между строчками и в концах карманов	Р	1	22	ножницы
37	Вывернуть молнии на лицевую сторону, выправить углы	Р	1	24	колышек
38	Приутюжить рамки карманов	У	2	38	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
39	Проложить отделочную строчку по швам притачивания молний	М	3	84	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
40	Стачать рельефные срезы на передних половинках	М	3	24	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
41	Заутюжить рельефные швы на передних половинках	У	2	18	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
42	Проложить отделочную строчку по рельефным швам передних половинок	М	3	36	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
43	Стачать подкладку карманов	М	3	24	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
44	Притачать нижние части к передним половинкам	М	3	30	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
45	Заутюжить шов притачивания нижних частей к передним половинкам	У	2	18	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
46	Настрочить светоотражающую тесьму на шов притачивания нижних частей к передним половинкам	М	3	36	467А-273-G2×25 «Дюкорп Адлер»
47	Стачать средние срезы передних половинок	М	3	20	131-12+50 АО «Орша», Беларусь

продолжение таблицы К.2

1	2	3	4	5	6
48	Притачать трикотажные вставки к передним половинкам	М	3	42	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
49	Заутюжить шов притачивания трикотажных вставок к передним половинкам	У	2	28	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
50	Проложить отделочную строчку по швам притачивания трикотажных вставок к передним половинкам	М	3	34	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
Обработка задних половинок					
51	Настрочить кевлар на трикотажную основу	М	3	720	867-490322-М CLASSIC E424/10/9 «Дюкорпп Адлер»
52	Стачать средний срез задних половинок брюк	М	3	10	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
53	Стачать верхние и нижние части задних половинок брюк	М	3	68	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
54	Заутюжить швы стачивания задних половинок брюк	У	2	77	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
55	Стачать трикотажные вставки с верхней частью задних половинок брюк	М	3	68	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
56	Стачать трикотажные вставки с нижней частью задних половинок брюк	М	3	52	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
57	Настрочить светоотражающую тесьму	М	3	36	467А-273-G2×25 «Дюкорпп Адлер»
58	Стачать средние членения задних половинок брюк	М	3	20	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
59	Заутюжить швы стачивания подколенного членения	У	2	77	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
Обработка подкладки брюк					
60	Стачать боковые срезы подкладки брюк	М	3	24	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
61	Застрочить низ обтачки брюк, вкладывая эластичную тесьму	М	3	24	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
62	Притачать обтачку по низу подкладки брюк	М	3	32	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
63	Стачать шаговые срезы подкладки брюк	М	3	20	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
64	Стачать средний срез подкладки брюк	М	3	10	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
Монтаж					
65	Стачать боковые срезы брюк	М	3	20	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
66	Стачать шаговые срезы брюк	М	3	32	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
67	Притачать утепляющую подкладку по банту, верхнему срезу брюк	М	3	52	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
68	Притачать шлевки к верхнему срезу брюк	М	3	52	131-12+50 АО «Орша», Беларусь

продолжение таблицы К.2

1	2	3	4	5	6
69	Притачать пояс	М	3	52	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
70	Настрочить концы шлевок на пояс	М	2	21	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
71	Нанести место расположения петель	Р	1	27	Мел, лекало
72	Обметать петли на поясе брюк	А	3	32	578-13211/Е 731 «Дюкорпп Адлер»
73	Вывернуть брюки на лицевую сторону	Р	1	10	-//-
74	Заутюжить низ брюк	У	3	59	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
75	Застрочить низ брюк	М	2	57	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
76	Закрепить концы карманов	А	3	28	1820-9 АО «Орша», Беларусь
Окончательная отделка и влажно-тепловая обработка брюк					
77	Удалить талон с порядковыми номерами с первой и последней шлевок	Р	1	8	Специальный кольшешек
78	То же с частей пояса	Р	1	8	Специальный кольшешек
79	То же с задних половинок брюк	Р	1	8	Специальный кольшешек
80	То же с передних половинок брюк	Р	1	8	Специальный кольшешек
81	Приутюжить верхнюю часть брюк	У	4	40	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
82	Пришить запасную пуговицу	А	2	8	574-133671/Е 411 «Дюкорпп Адлер»
83	Нанести места расположения пуговиц	Р	2	22	Мел, линейка
84	Пришить две пуговицы на концах пояса	А	2	16	574-133671/Е 411 «Дюкорпп Адлер»
85	Навесить преискуранный ярлык	Р	1	35	Этикет-пистолет
86	Скомплектовать брюки по маршрутным листам	Р	3	107	-//-
87	Сдать готовое изделие на склад	Р	3	46	-//-
Итого:				4998	

Таблица К.3 – Технологическая последовательность изготовления шумозащитного жилета

№ п/п	Наименование технологической операции	Специальность	Разряд	Затрата времени, с	Рекомендуемое оборудование и приспособления (класс, марка). Предприятие-изготовитель
1	2	3	4	5	6
Нанесение силикона на детали кроя					
1	Нанести силиконовое покрытие на кевлар	Р	3	720	Гладила
Начальная обработка					
2	Нанести линию расположения светоотражающей тесьмы и лент велькро на перед	Р	2	15	Маркер, лекало
3	Нанести линию расположения светоотражающей тесьмы и лент велькро на спинку	Р	2	15	Маркер, лекало
4	Нанести линию расположения светоотражающей тесьмы и лент велькро на бретели	Р	2	15	Маркер, лекало
Обработка спинки					
5	Притачать бретели к спинке	М	1	10	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
6	Настрочить светоотражающую тесьму на спинку	М	2	23	467А-273-G2×25 «Дюкорпп Адлер»
7	Настрочить ленту велькро на спинку	М	2	32	467А-273-G2×25 «Дюкорпп Адлер»
Обработка переда					
8	Настрочить светоотражающую тесьму на перед	М	1	23	467А-273-G2×25 «Дюкорпп Адлер»
9	Настрочить ленту велькро на перед	М	1	32	467А-273-G2×25 «Дюкорпп Адлер»
Обработка внутреннего пакета материалов					
10	Соединение деталей точечным склеиванием внутренней прокладки жилета (петрофом, иглопробивной слои)	М	2	36	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
11	Обтачать внутренний пакет материалов чехлом по плечевым и боковым срезам, срезам пройм и горловины, по срезу низа	М	3	10	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
12	Настрочить подкладку спинки на внутренний пакет по плечевым и боковым срезам, срезам пройм и горловины, по срезу низа	М	3	10	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
Обработка подкладки					
13	Настрочить ленту велькро на вставки из материала верха для захода на перед	М	1	49	467А-273-G2×25 «Дюкорпп Адлер»
14	Нарезать тканевую ленту с изображением товарного знака	Р	1	4	Ножницы
15	Нарезать памятки по уходу за изделием	Р	1	4	-//-

продолжение таблицы К.3

1	2	3	4	5	6
Монтаж					
16	Настрочить перед на подкладку переда	М	3	191	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
17	Настрочить спинку на подкладку спинки	М	3	237	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
18	Притачать окантовочную ленту со стороны подкладки переда по всем срезам	М	3	75	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
19	Притачать окантовочную ленту со стороны подкладки спинки по всем срезам	М	3	75	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
20	Настрочить окантовочную ленту по шву притачивания к переду	М	3	260	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
21	Настрочить окантовочную ленту по шву притачивания к спинке	М	3	260	131-12+50 АО «Орша», Беларусь
22	Удалить один талон со спинки подкладки	Р	1	4	-//-
Окончательная отделка и влажно-тепловая обработка жилета					
23	Приутюжить окантованные края жилета	У	5	67	Утюжильный стол 1980S, Ульяновск
24	Навесить прейскурантный ярлык	Р	1	35	Этикет-пистолет
25	Скомплектовать жилет по маршрутным листам	Р	3	107	-//-
26	Сдать на склад изделие	Р	3	46	-//-
Итого:				2355	

ПРИЛОЖЕНИЕ Л

В соответствии с ГОСТ 8.417-2002 (Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин) белом называется логарифмическая величина (логарифм безразмерного отношения физической величины к одноименной физической величине, принимаемой за исходную): уровень звукового давления; усиление, ослабление и т.п.

В соответствии с ГОСТ 8.417-2002 величина в 1 бел равна

$$1B = \lg\left(\frac{P_2}{P_1}\right), \text{ при } P_2 = 10P_1; \quad (\text{Л.1})$$

$$1B = 2\lg\left(\frac{F_2}{F_1}\right), \text{ при } F_2 = \sqrt{10}F_1, \quad (\text{Л.2})$$

где P_1, P_2 – одноименные энергетические величины (мощность, энергия, плотность энергии и т.п.);

F_1, F_2 – одноименные «силовые» величины (напряжение, сила тока, напряженность поля и т.п.).

Соответственно, при переходе к децибелам (1/10 бела) уравнения (Л.1) и (Л.2) можно записать следующим образом

$$1dB = 10\lg\left(\frac{P_2}{P_1}\right), \text{ при } P_2 = 10P_1; \quad (\text{Л.3})$$

$$1dB = 20\lg\left(\frac{F_2}{F_1}\right), \text{ при } F_2 = \sqrt{10}F_1, \quad (\text{Л.4})$$

Несмотря на то, что децибел служит для определения двух величин, зачастую его используют для измерения абсолютных значений. Для этого достаточно условиться, какой уровень измеряемой физической величины будет принят за опорный уровень (условный 0 дБ).

Если речь идет об измерении громкости (в шумомерах), то за опорный (нулевой) уровень принимается порог слышимости $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па. При

определении уровня интенсивности звука принимают $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м², при определении уровня мощности звука $W_0 = 10^{-12}$ Вт [7].

Шумомер производит измерение уровня звукового давления L , определяемого по уравнению

$$L = 20 \lg \left(\frac{p}{p_0} \right), \quad (\text{Л.5})$$

где p – среднеквадратичное значение звукового давления, Па.

Если речь идет об измерении напряжения, то за опорный (нулевой) уровень (в соответствии с общемировыми нормами) принимается напряжение $U_0 = 0,775$ В (соответствующее мощности 1 мВт на нагрузке с сопротивлением 600 Ом) [20].

Поскольку напряжение является «силовой» величиной, то для определения децибел «по напряжению» применяют уравнение

$$\text{дБ по напряжению } dBu = 20 \lg \left(\frac{U}{U_0} \right). \quad (\text{Л.6})$$

Уравнения для расчета децибел «по звуковому давлению» (Л.5) и «по напряжению» (Л.6) однотипны и характеризуют абсолютное значение «силовой» физической величины относительно некоторого нулевого уровня.

В свою очередь между напряжением на выходе микрофона и воздействующему на него звуковому давлению известна линейная зависимость. Так, анализ уравнений для расчета выходного напряжения различных типов микрофонов (угольного, электромагнитного, электродинамического катушечного, конденсаторного, пьезоэлектрического и др.) свидетельствует о прямо пропорциональной зависимости между выходным напряжением микрофона и действующей на него силой звукового давления [115].

Следовательно, при различии абсолютных значений децибел «по звуковому давлению» и «по напряжению», изменение одного параметра на 1

дБ соответствует изменению другого также на 1 дБ (при прочих равных условиях).

Для более наглядной взаимосвязи децибел «по звуковому давлению» и «по напряжению» можно их представить через таблицу соотношений (таблица Л.1).

Таблица Л.1 – Таблица соотношений децибел «силовых» физических величин и отношений этих величин к нулевому (опорному) уровню

Децибеллы	p/p_0	Децибеллы	p/p_0	Децибеллы	p/p_0
0 дБ	равны	8 дБ	в 2,5 раза	25 дБ	в 17,8 раза
1 дБ	в 1,1 раза	10 дБ	в 3,2 раза	30 дБ	в 31,6 раза
2 дБ	в 1,3 раза	12 дБ	в 4 раза	35 дБ	в 56,2 раза
4 дБ	в 1,6 раза	15 дБ	в 5,6 раза	40 дБ	в 100 раз
6 дБ	в 2 раза	20 дБ	в 10 раз	45 дБ	в 178 раз

ПРИЛОЖЕНИЕ М

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 132898

**СТЕНД ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ
ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ**

Патентообладатель(ли): *Скребцова Юлия Викторовна (RU),
Куренова Светлана Викторовна (RU)*

Автор(ы): *Скребцова Юлия Викторовна (RU), Куренова
Светлана Викторовна (RU)*

Заявка № 2013101502

Приоритет полезной модели **10 января 2013 г.**
Зарегистрировано в Государственном реестре полезных
моделей Российской Федерации **27 сентября 2013 г.**
Срок действия патента истекает **10 января 2023 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 135879

ЗАЩИТНАЯ СПЕЦОДЕЖДА

Патентообладатель(ли): *Скребцова Юлия Викторовна (RU),
Куринова Светлана Викторовна (RU)*

Автор(ы): *Скребцова Юлия Викторовна (RU), Куринова
Светлана Викторовна (RU)*

Заявка № 2013101505

Приоритет полезной модели 10 января 2013 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных
моделей Российской Федерации 27 декабря 2013 г.

Срок действия патента истекает 10 января 2023 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2511146

**СПОСОБ НАНЕСЕНИЯ ТЕПЛОЗАЩИТНОГО
ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩЕГО ПОКРЫТИЯ НА
УГЛЕРОДНЫЕ ВОЛОКНА И ТКАНИ**

Патентообладатель(и): *Общество с ограниченной
ответственностью научно-производственное предприятие
"Плазма" ООО НПП "Плазма" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2013104305

Приоритет изобретения **04 февраля 2013 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре
изобретений Российской Федерации **06 февраля 2014 г.**

Срок действия патента истекает **04 февраля 2033 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Б.Л. Симанов



ПРИЛОЖЕНИЕ Н

СОГЛАСОВАНО Ректор (проректор по НИР) СТИС ГОУ ВПО ЮРГУЭС _____ 2012г. М.П.	УТВЕРЖДАЮ Коммерческий директор ООО ЧОП «Тафри-охрана»   _____ 2012г. М.П.
---	---

АКТ ВНЕДРЕНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ И ИНЖЕНЕРНО-КОНСТРУКТОРСКИХ РАБОТ

Настоящим актом подтверждается, что комплект теплозащитной специальной одежды для защиты от повышенного уровня шума, разработанный в Ставропольском технологическом институте сервиса (СТИС ФГБОУ ВПО ЮРГУЭС) в рамках диссертационной работы Скребцовой Ю.В. прошёл испытания в производственных условиях ООО ЧОП «Тафри-охрана».

Вид внедрённых результатов – комплект специальной одежды

1. Характеристика масштаба внедрения – партия
2. Форма внедрения – производственная эксплуатация комплекта
3. Объем внедрения – 80 штук
4. Социальный эффект – повышение уровня индивидуальной защиты человека в производственной среде.

От СТИС ФГБОУ ВПО ЮРГУЭС:	От предприятия:
Зав. каф. ТКиО СТИС ФГБОУ ВПО ЮРГУЭС Дрофа Е.А. 	Зам. Ген. Директора ООО ЧОП «Тафри-охрана» 
Ответственный за внедрение Скребцова Ю.В. 	Ответственный за внедрение  / 

СОГЛАСОВАНО

Ректор (проректор по НИР) ГОУ ВПО
СТИО ЮРГУЭС

М.П.

2012г.

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель главного инженера по
охране труда
Фищев Алексей Геннадьевич

2012г.

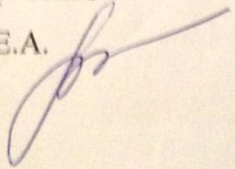
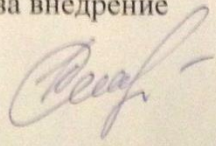
АКТ ВНЕДРЕНИЯ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ И ИНЖЕНЕРНО-КОНСТРУКТОРСКИХ
РАБОТ

Настоящим актом подтверждается, что комплект теплозащитной специальной одежды для защиты от повышенного уровня шума разработанный в СТИС в рамках диссертационной работы Скребцовой Ю.В.

Вид внедрённых результатов – комплект специальной одежды

1. Характеристика масштаба внедрения – партия
2. Форма внедрения – производственная эксплуатация комплекта
3. Объем внедрения – 100 штук
4. Социальный эффект – повышение уровня индивидуальной защиты человека в производственной среде.

От СТИС:	От предприятия:
Зав. каф. ТКиО Дрофа Е.А. 	Заместитель главного инженера по охране труда Фищев Алексей Геннадьевич
Ответственный за внедрение Скребцова Ю.В. 	Ответственный за внедрение Заместитель начальника службы Дожимной Компрессорной Станции № 1 Беляев Дмитрий Николаевич.

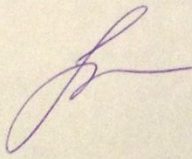
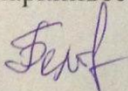

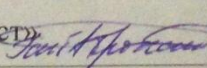
СОГЛАСОВАНО Ректор (проректор по НИР) СТИС ФГБОУ ВПО ЮРГУЭС М.П. _____ 2012г.	УТВЕРЖДАЮ Генеральный директор ООО «Санмаркивест» _____ М.П. «Санмаркивест» _____ 2012г.
--	--

**АКТ ВНЕДРЕНИЯ
 НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ И ИНЖЕНЕРНО-КОНСТРУКТОРСКИХ
 РАБОТ**

Настоящим актом подтверждается, что комплект теплозащитной специальной одежды для защиты от повышенного уровня шума разработанный в Ставропольском технологическом институте сервиса (СТИС ФГБОУ ВПО ЮРГУЭС) в рамках диссертационной работы Скребцовой Ю.В.

Вид внедрённых результатов – комплект специальной одежды

1. Характеристика масштаба внедрения – партия
2. Форма внедрения – производственная эксплуатация комплекта
3. Объем внедрения – 100 штук
4. Социальный эффект – повышение уровня индивидуальной защиты человека в производственной среде.

От СТИС ФГБОУ ВПО ЮРГУЭС:	От предприятия:
Зав. каф. ТКиО СТИС ФГБОУ ВПО ЮРГУЭС Дрофа Е.А. 	Инженер отдела «Охрана труда» ООО «Санмаркивест» Белов М.А. 
Ответственный за внедрение Скребцова Ю.В. 	Ответственный за внедрение ООО «Санмаркивест» 

Утверждаю

Генеральный директор

ООО «Санмаркивест»

Санмаркивест
Тищенко Д.И.

АКТ

Испытание комплекта специальной одежды в эксплуатации.

На испытание представлены образцы новой модели комплекта для рабочих промышленных предприятий с повышенным уровнем шумовой нагрузки и работой при различных температурных режимах, согласно техническим требованиям для защиты рабочих от вредных факторов производственной среды. Комплект разработан в СТИС ФГБОУ ВПО ЮРГУЭС г. Ставрополь.

Внешний вид костюма: Комплект состоит из куртки, брюк и жилета.

Специальная мужская куртка прямого силуэта с втачным рукавом, на подкладке, также имеется дополнительная съемная утепляющая подкладка. На передке имеются карманы. Рукава с шумозащитными вставками в области локтя. Воротник стойка, имеется капюшон. Брюки с шумозащитными вставками в области колен, на тесме-молнии пристегиваются к куртке. Жилет многослойный-шумозащитный.

Опытная носка проходила в трёх бригадах и показала, что представленная модель по конструкции и внешнему виду соответствует техническим требованиям на изделие. Шумозащитный жилет приемлем при выполнении трудовых движений. Место расположения дополнительных вставок оправдано и целесообразно

Вывод: Комплект специальной одежды, разработанный СТИС ФГБОУ ВПО ЮРГУЭС г. Ставрополь, соответствует техническим требованиям и защищает рабочих от воздействий производственной среды.

Рекомендовать модель комплекта для использования на предприятиях с повышенным уровнем шума, при различных температурных режимах, опасных и вредных факторов производственной среды.

Прораб «Бригады №3»
Инженер «ОТ»

Федотов *Иван Иванович* *И.И.*
Сергеев

Утверждаю
Коммерческий директор
ООО ЧОП «Тарри-охрана»
Ибрагимов Ф.С.



АКТ

Испытание комплекта специальной одежды (комплект разработан в СТИС ФГБОУ ВПО ЮРГУЭС г. Ставрополь) в эксплуатации.

На испытание представлены образцы новой модели комплекта для рабочих промышленных предприятий с повышенным уровнем шумовой нагрузки, ветровой нагрузки, изменяющейся влажности воздуха, пониженных температур.

Испытания проводились согласно техническим требованиям для защиты рабочих от вредных факторов производственной среды.

Внешний вид комплекта: Комплект состоит из куртки, брюк и жилета.

Специальная мужская куртка прямого силуэта с втачным рукавом, на подкладке, также имеется дополнительная съемная утепляющая подкладка. На переду имеются карманы. Рукава с шумозащитными вставками в области локтя. Воротник стойка, имеется капюшон. Брюки с шумозащитными вставками в области колен, на тесме-молнии пристегиваются к куртке. Жилет многослойный-шумозащитный. Комплект изготовлен из ткани со специальными свойствами, имеет теплозащитную подкладку и дополнительную съемную утепляющую подстежку.

Опытная носка проходила на предприятии с круглосуточным режимом работы и показала, что представленная модель по конструкции и внешнему виду соответствует техническим требованиям на изделие данной ассортиментной группы. Шумозащитный жилет приемлем при выполнении трудовых движений. Место расположения дополнительных вставок оправдано и целесообразно.

Вывод: Комплект специальной одежды, разработанный СТИС ФГБОУ ВПО ЮРГУЭС г. Ставрополь, соответствует техническим требованиям к данному виду одежды, защищает рабочих от воздействий производственной среды.

Рекомендовать комплект для использования на предприятиях с опасными и вредными факторами производственной среды.

Начальник смены

Писаренко П.И.

