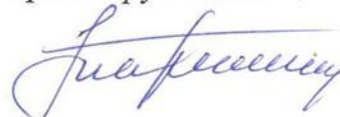


Министерство образования и науки  
Донецкой Народной Республики  
Государственное учреждение Макеевский научно-исследовательский институт по  
безопасности работ в горной промышленности  
МакНИИ

*На правах рукописи*



**Тарасенко Сергей Леонидович**

УДК 622:87

**ОБОСНОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ СПЕЦОДЕЖДЫ  
ГОРНОРАБОЧИХ С УЧЕТОМ УСЛОВИЙ ТРУДА**

Специальность 05.26.01 – Охрана труда (по отраслям) (технические науки)

**Диссертация**

на соискание учёной степени  
кандидата технических наук



Научный руководитель  
доктор технических наук  
Долженков А.Ф.

Идентичность всех экземпляров диссертации

ПОДТВЕРЖДАЮ:

Ученый секретарь диссертационного совета Д 01.008.01  
д.т.н., доц.



И.А. Бершадский

Макеевка – 2018.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
РАЗДЕЛ 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	12
1.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов, воздействующих на работников угольных шахт с различными горно- геологическими условиями.....	12
1.2 Анализ эксплуатационных, защитных и гигиенических свойств тканей, применяющихся для изготовления спецодежды горнорабочих угольных шахт .....	25
1.3 Постановка задач исследований.....	28
РАЗДЕЛ 2 ОБЩАЯ МЕТОДИКА И ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	30
Выводы к разделу 2.....	42
РАЗДЕЛ 3 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ СПЕЦОДЕЖДЫ ШАХТЕРОВ.....	44
3.1 Особенности комплексного подхода к оценке износостойкости спецодежды шахтерской с учетом уровней ее защиты.....	44
3.2 Исследование показателей простых защитных свойств тканей, применяющихся для изготовления спецодежды шахтерской .....	54
3.3 Теоретическое обоснование создания износостойкой спецодежды шахтерской в условиях эксплуатации в различных условиях труда в угольных шахтах .....	74
Выводы к разделу 3.....	82
РАЗДЕЛ 4 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТКАНЕЙ И СПЕЦОДЕЖДЫ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ И В ПРОЦЕССЕ ЕЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ.....	83

4.1 Исследование влияния свойств тканей на эффективность эксплуатационных, гигиенических и защитных характеристик спецодежды.....	83
4.2 Обоснование показателей износостойкости тканей спецодежды шахтерской по результатам лабораторных исследований.....	97
4.3 Обоснование показателей износостойкости тканей спецодежды шахтерской по результатам экспериментальной носки.....	116
4.4 Исследование влияния способов обработки шахтерской спецодежды на физико-технические показатели свойств тканей.....	129
Выводы к разделу 4.....	134
<b>РАЗДЕЛ 5 ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦОДЕЖДЕ ШАХТЕРОВ. ВНЕДРЕНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ.....</b>	<b>137</b>
5.1 Область рационального применения спецодежды на угольных предприятиях.....	137
5.2 Новые подходы в исследовании эксплуатационных характеристик тканей.....	139
5.3 Технико-экономическая оценка спецодежды шахтерской.....	146
Выводы к разделу 5.....	152
Заключение.....	154
Список литературы.....	156
Приложения.....	167
Приложение А Техническое задание на опытно-конструкторскую работу «Прибор для испытания тканей на стойкость к истиранию».....	167
Приложение Б Инструкция по эксплуатации «Прибор для испытания тканей на стойкость к истиранию - ПИТ».....	173
Приложение В Формуляр «Прибор для испытания тканей на стойкость к истиранию - ПИТ».....	179

Приложение Г Методика определения стойкости тканей для шахтерской спецодежды к истиранию.....	185
Приложение Д «Прибор для испытания тканей на стойкость к истиранию - ПИТ». Программа и методика первичной (периодической) аттестации .....	192
Приложение Е Протокол первичной аттестации прибора марки ПИТ для испытания тканей на стойкость к истиранию.....	201
Приложение Ж Акт о внедрении прибора для испытаний ткани на стойкость к истиранию (ПИТ).....	202

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Как показал анализ причин возникновения травм и профессиональных заболеваний горнорабочих угольных предприятий, применение спецодежды позволяет снизить, а в отдельных случаях, устранить риск воздействия опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ) на них. В тоже время, в процессе эксплуатации, эффективность ее защитных, эргономических и эксплуатационных свойств значительно снижается в зависимости от условий труда за счет интенсивного износа. Влияние механических факторов (трение, разрывные нагрузки, проколы и др.), а также неблагоприятный микроклимат, запыленность горных выработок, бактериальная обсеменённость шахтной среды, воздействие масел, поверхностно-активных веществ снижает износостойкость ткани спецодежды и ухудшает их эксплуатационные и гигиенические свойства.

Анализ научных исследований, проведенных в данном направлении показал, что отсутствуют научно обоснованные подходы к установлению закономерностей изменения свойств спецодежды, в зависимости от номенклатуры, интенсивности и длительности воздействия на них ОВПФ, в связи с чем не представляется возможным установление допустимых сроков ее службы при работе в различных условиях угольных шахт. Недостаточно обоснована методология испытания спецодежды в лабораторных условиях по показателям износостойкости, что делает затруднительным оценку показателей эксплуатационных свойств спецодежды при ее применении в различных условиях труда. До настоящего времени не создана приборная база, предназначенная для испытания тканей на стойкость к истиранию по большой плоскости, что позволило бы оценить степень изменения эксплуатационных и гигиенических характеристик спецодежды.

В связи с изложенным, обоснование параметров износостойкости шахтерской спецодежды в зависимости от условий труда шахтеров, путем установления закономерностей влияния комплекса ОВПФ на величину снижения

защитных и гигиенических свойств спецодежды, представляет актуальную научно-техническую задачу.

**Степень разработанности темы.** В литературе изучалось неблагоприятное воздействие ОВПФ на горнорабочих, которое может быть снижено спецодеждой шахтерской; проводился анализ эксплуатационных защитных и гигиенических свойств тканей, применяющихся для изготовления спецодежды горнорабочих угольных шахт. В решение этой проблемы внесли значительный вклад отечественные и зарубежные ученые Вебстер Р., Воробьев В.Д., Долженков А. Ф., Иткин М.З., Колосниченко М.В., Марийчук И.Ф., Мычко А.А., Фон-Гирке Х.Э., Цыкин С.И., Юрченко Б.П. и другие.

Однако в данных исследованиях отсутствуют научно обоснованные подходы к установлению закономерностей изменения свойств спецодежды, в зависимости от номенклатуры, интенсивности и длительности воздействия на них ОВПФ. Вопрос определения эффективности тканей, применяемых для изготовления спецодежды горнорабочих, по параметрам износостойкости изучен недостаточно, что существенно влияет на ее защитные и эксплуатационные свойства в зависимости от условий труда шахтеров.

**Цель и задачи исследований.** Целью работы является обоснование защитных свойств спецодежды горнорабочих в зависимости от условий труда в различных горно-геологических и горнотехнических условиях.

Для достижения поставленной цели определены и решены следующие задачи исследований:

- выполнить анализ ОВПФ шахтной среды, влияющих на защитные свойства спецодежды шахтерской в зависимости от сроков ее эксплуатации и обосновать требования к этим свойствам;
- установить зависимости степени снижения защитных характеристик спецодежды от величины ее износа;
- разработать методы комплексной оценки износостойкости спецодежды шахтерской в зависимости от сроков эксплуатации для установления рационального диапазона защиты анатомо-топографических зон тела

горнорабочих.

- разработать и изготовить прибор для исследования износостойкости тканей по большой плоскости, позволяющий оценить степень изменения эксплуатационных и гигиенических свойств тканей в лабораторных условиях.

**Объект исследования.** Спецодежда шахтерская для угольных шахт.

**Предмет исследования.** Изменение защитных свойств спецодежды шахтерской в различных условиях труда.

**Научная новизна полученных результатов** заключается в том, что:

1. Установлены зависимости прочностных характеристик спецодежды от потери массы ткани, времени и условий труда, а также защитных характеристик от потери массы ткани и истирания во времени.

2. Получен интегральный комплексный показатель для оценки защитных свойств спецодежды.

**Теоретическая значимость работы.**

1. Разработан интегральный комплексный показатель по критериям оценки материалов (раздирающей и разрывной нагрузкам, воздухопроницаемости, пылепроницаемости, гигроскопичности, водоупорности, стойкости к истиранию), который позволил обосновать требования к спецодежде, применяемой при работах в различных условиях труда (весьма тонких, тонких, крутопадающих пластов) и разработать требования к ней. Установлено, что наилучшими свойствами обладает ткань «Шахтер», в 4,7 раза лучше ткань «Горизонт» и в 5,4 – «Уголек».

2. Получены уравнения регрессии, описывающие зависимость изменения величин пылепроницаемости, воздухопроницаемости, гигроскопичности, водоупорности, разрывной и раздирающей нагрузки тканей, применяемых для изготовления спецодежды шахтерской от степени ее истираемости, выраженной показателями поверхностной плотности ткани. Коэффициент корреляции превышает 90 %, что свидетельствует о наличии сильной связи между базовым и переменными показателями.

3. Установлены закономерности снижения прочностных характеристик спецодежды в местах, подвергающихся максимальным механическим нагрузкам в

зависимости от условий труда, что позволило выделить зоны тела шахтеров, требующих дифференцированной защиты от трения путем, расчета соотношения натуральных и синтетических волокон в структуре ткани, тем самым, увеличив их защиту от механических воздействий.

**Практическая значимость работы** состоит в том, что результаты исследований использованы как методическая основа для разработки нормативных документов, позволяющих повысить эффективность защитных свойств спецодежды шахтеров, при разработке требований к ее эксплуатационным характеристикам при работах в различных горно-геологических и горнотехнических условиях.

Изготовлен прибор для испытаний ткани на стойкость к истиранию и разработаны следующие нормативные документы, согласованные и утвержденные в установленном порядке:

1. Техническое задание на изготовление прибора для определения истирания ткани (утверждено МакНИИ 28.07.2015 г., согласовано с ПО «Макеевский ремонтно-механический завод» ГП «Макеевуголь» 17.07.2015 г.);

2. Инструкция по эксплуатации, формуляр, методика испытаний.

3. Проект отраслевого стандарта «Нормы бесплатной выдачи средств индивидуальной защиты для работников предприятий угольной промышленности» (согласовано с Государственным комитетом Гортехнадзора ДНР (письмо №02-4/346 от 20.03.2017 г.).

**Методология и методы исследования** – для решения поставленных задач использовали следующие методы научных исследований: анализ, метод научного обобщения и статистическая обработка экспериментальных результатов; лабораторные и промышленные испытания спецодежды шахтёрской, ее защитных, гигиенических и эксплуатационных характеристик с использованием технических средств измерений; моделирование зависимостей между показателями травматизма (заболеваемости) и параметрами условий труда с использованием модели многофакторного регрессионного анализа для определения степени влияния комплекса ОВПФ на организм шахтёров; оценка используемого ас-



ассортимента шахтерской спецодежды на основе квалиметрического подхода и оценки индивидуального риска, рассчитывалась экономическая эффективность результатов внедрения разработок.

**Положения, выносимые на защиту**, и их новизна заключается в том, что впервые:

1. Теоретически и экспериментально подтверждены многофакторные зависимости износостойкости спецодежды от прочностных характеристик тканей. Установлено, что разрывная нагрузка по основе и утку при снижении массы ткани до  $250 \text{ г/м}^2$  снижается в 1,5 раза, до  $100 \text{ г/м}^2$  – в 4,5 раза, а раздирающая нагрузка при аналогичных потерях массы в 1,4 и 3,5 раза соответственно.

2. Экспериментально получены многофакторные зависимости защитных свойств спецодежды от степени истираемости тканей. Установлено, что при показателях массы новой ткани «Горизонт»  $430 \pm 0,5 \text{ г/м}^2$  потеря ее до показателей  $170 \pm 0,5 \text{ г/м}^2$ , увеличивает воздухопроницаемость ткани практически вдвое, при потерях до  $100 \text{ г/м}^2$  – втрое, что объясняется снижением массы ткани и удалением влагостойкой и противогнилостной пропитки в процессе истирания. Потеря массы ткани до  $100 \text{ г/м}^2$  увеличивает пылепроницаемость и снижает гигроскопичность в 2,6 раза, а водоупорность снижает в 3,7 раза.

**Степень достоверности результатов** подтверждена: статистически значимым объемом информации об условиях труда в угольных шахтах и свойствах спецодежды шахтеров; корректным применением методов математической статистики при оценке эффективности защитных и эксплуатационных характеристик спецодежды; представительностью и репрезентативностью статистических данных экспериментальных исследований характеристик спецодежды шахтерской за 10 лет; коэффициентом корреляции аппроксимирующих уравнений, который превышает 90%.

Связь работы с научными планами, программами, темами. Диссертация выполнена в соответствии с научной тематикой Государственного учреждения «Макеевский научно-исследовательский институт по безопасности работ в горной промышленности» МОН ДНР, в рамках научно-исследовательских работ:

«Обоснование параметров надежности шахтерской спецодежды в зависимости от ее эксплуатации в различных горно-геологических и горнотехнических условиях» (№ ГР 0117D000134 от 15.02.2017 г.); «Переработка отраслевого стандарта «Нормы бесплатной выдачи средств индивидуальной защиты для предприятий угольной промышленности» и введение в действие» (№ ГР 0117D000151 от 15.02.2017 г.), в качестве руководителя работ.

**Личный вклад соискателя.** Вклад автора в работы, выполненные в соавторстве, состоит в формировании направлений исследований, обосновании актуальности работы, формулировке цели и постановке задач исследований, постановке и проведении экспериментальных исследований, обработке, анализе, систематизации и интерпретировании полученных результатов.

Все результаты, полученные при решении поставленных в диссертации задач, выполнены автором самостоятельно. В научных работах, опубликованных в соавторстве, автору принадлежат: [75] – исследование, анализ и оценка показателей пораженности анатомо-топографических зон горнорабочих пиодермитами и микротравмами; [91] – анализ законодательных и нормативных актов по оценке эффективности спецодежды шахтерской на угледобывающих предприятиях при обеспечении безопасных условий труда; [72] – разработка статистических моделей зависимости заболеваемости горнорабочих от условий труда и эксплуатационных характеристик спецодежды, а также потерей массы ткани и ее воздухо-, пылепроницаемостью; [54] – обоснование применения комплексных методов оценки безопасности и качества спецодежды шахтерской.

Опытно-промышленная апробация и внедрение результатов работы проходили под руководством и при непосредственном участии автора.

**Апробация результатов работы.** Основные положения диссертации на отдельных этапах её выполнения и в целом, докладывались и получили одобрение на Ученом совете МакНИИ г. Макеевка-2017 и научно-практических конференциях: Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы защиты окружающей среды и техносферной безопасности в меняющихся антропогенных условиях» – «Белые ночи-2014» – (г. Грозный, 1-3

июня 2014 г.); Международной научно-практической конференции «Экономика и право: становление, развитие, трансформация» в 3-х т. Т.3 – Макеевка: МЭГИ, 2017; XII Международная научно-практическая конференция «Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно-развитых регионах». - Кузбасский национальный технический университет. – Кемерово, 2017.

**Публикации.** Научные и прикладные результаты диссертации опубликованы в 9 научных трудах: 5 статей - в специальных научных журналах и сборниках (4 – самостоятельно), 4 - в докладах и тезисах конференций.

**Структура и объём работы.** Диссертация состоит из введения, 5 разделов, заключения, списка использованных материалов из 94 наименований на 11 страницах, 7 приложений на 36 страницах. Объём диссертации без приложений 166 страниц, из них основной текст 149 страницы, рисунков 27, таблиц 32.

Автор выражает глубокую признательность всем сотрудникам МакНИИ, участвовавшим в выполнении НИР, которые легли в основу диссертационной работы.

## РАЗДЕЛ 1

### СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

#### **1.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов, воздействующих на работников угольных шахт с различными горно-геологическими условиями**

Условия труда предприятий угольной промышленности характеризуются многообразием горно-геологических, горнотехнических, климатических и микроклиматических условий, определяющих характер и степень необходимой защиты кожных покровов, ног, головы, органов зрения, дыхания и т.д. от опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ). Профессиональная принадлежность работников, род и место выполняемых ими работ определяют преобладающее влияние на горнорабочего тех или иных факторов, на устранение которых и должно быть направлено защитное действие спецодежды. С учетом этих факторов и, исходя из принципа сохранения защитных ее свойств, и должен устанавливаться их ассортимент и максимальные, возможно допустимые сроки службы. Соответствие их (сроков и ассортимента) условиям труда, будет способствовать снижению производственного травматизма и сохранению здоровья работников угольной промышленности.

Как уже было сказано выше, шахтеры работают в различных горно-геологических и горнотехнических условиях, в производственных позах, обусловленных профессиональными требованиями и условиями труда, что не учитывается существующей системой оценки степени защиты человека. Так, в частности, условия труда не связываются с местами максимального механического воздействия на ткань спецодежды, приводя к наибольшему износу в отдельных местах. В результате воздействия ОВПФ возникают травмы, профзаболевания и снижение работоспособности шахтеров.

С точки зрения защиты шахтера спецодеждой, все производственные факторы можно разделить на факторы, имеющие физическую, химическую и биологическую природу (таблица 1.1) [1, 2, 5, 7, 8, 9, 10, 13, 17, 20].

Таблица 1.1 – Вредные факторы производственной среды

Профессии	Пыль (угольная породная)	Нагревающий микроклимат	Скорость движения воздуха	Охлаждающий микроклимат	Вибрация местная	Механические факторы	Статическое электричество	Обводненность	Масла, водомасляные эмульсии, аэрозоль масел	Микроорганизмы	Грибы	Вынужденное положение тела
1. Горнорабочий очистного забоя (горный мастер)	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
2. Гидромониторщик	+	+	+	-	+	+	-	+	-	+	+	+
3. Горнорабочий подз.	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
4. Горнорабочий по ремонту горных выработок	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
5. Взрывник	+	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+	-
6. Машинист буровой установки	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+	-
7. Машинист подъемной машины	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-
8. Машинист подземных машин и т.д.	+	-	+	-	+	+	+	-	+	+	+	-
9. Машинист электровоза	+	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+
10. Проходчик	+	-	+	-	+	+	+	+	-	+	+	+
11. Раздатчик взрывматер.	-	-	+	-	-	+	+	-	+	-	-	-
12. Стволовой	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-
13. Электрослесарь подзем.	+	-	+	+	-	+	+	+	+	-	-	+
14. Начальник участка и другие ИТР	-	-	+	-	-	+	-	+	-	+	+	+

К физическим ОВПФ мы можем отнести, в первую очередь механические факторы (удар, сдавливание, прокол, трение и др.). Причинами травмирования этими факторами являются: движущиеся машины, механизмы или их части; вращающееся оборудование; падение предметов или людей и др. Интенсивность воздействия механических факторов производственной среды на горнорабочего зависит от горно-геологических условий угольных шахт: мощности пласта, угла падения, крепости угля и вмещающих пород.

Следующий фактор - высокая запыленность воздуха, приводящая к возникновению заболеваний пылевой этиологии. Интенсификация угледобычи привела к росту запыленности в очистных забоях и увеличению скоростей вентиляционных потоков. Содержание пыли в рудничном воздухе нестабильно и зависит от множества причин. Ведущими факторами, определяющими уровни запыленности воздуха в горных выработках, являются: применяемая техника и технология ведения горных работ (способы и интенсивность разрушения пласта, способы погрузки и транспортировки горной массы и т.д.) [1,2,3]; свойства объекта труда, включающие и геологические условия [4,5]; физико-механические свойства угля [6,7] и т.п.; скорость движения воздуха в выработках и многие другие.

По данным ряда авторов [5,6], запыленность воздуха горных выработок, в зависимости от эффективности использования средств пылеподавления, применяемого горно-шахтного оборудования, удаленности рабочего места от источника пылеобразования и ряда других причин значительно колеблется, достигая в отдельных случаях величин, во много раз превышающих действующие ПДК угольно-породной пыли.

Запыленность на шахтах с пологим залеганием пластов достигает  $1320 \text{ мг/м}^3$ , на крутых -  $811 \text{ мг/м}^3$ , что во много раз превышает предельно допустимые концентрации, колеблющиеся от 2 до  $10 \text{ мг/м}^3$  в зависимости от содержания в ней свободной двуокиси кремния. При работе угледобывающих комбайнов и эффективном использовании средств коллективной защиты, уровни запыленности колеблются от 57 до  $78 \text{ мг/м}^3$ . При неполном или частичном использовании СКЗ они колеблются от 196 до  $248 \text{ мг/м}^3$  и выше [5].

На крутопадающих пластах при молотковой выемке уровень запыленности у забойщиков, работающих в течение 54,2% рабочего времени составил  $2386,0 \pm 63,0 \text{ мг/м}^3$ , при выемке угля комбайном –  $1900,0 \pm 64,0 \text{ мг/м}^3$  в течение 15,2% времени от общего. Снижение в данном случае, происходит из-за уменьшения числа источников пылеобразования с 12-14 в молотковой лаве, до 3 в комбайновой. Средняя арифметическая взвешенная концентрация пыли в комбайновой лаве составляет  $469,0 \text{ мг/м}^3$ , т.е., в три раза меньше, чем в молотковой, где она равняется

1432,0 мг/м<sup>3</sup>. Анализ дисперсного состава пыли показал, что она, образуясь при выполнении основных процессов независимо от способов выемки угля, по своему составу преимущественно мелкодисперсная. Частицы размером до 10 мкм составляют 85-95% от их общего количества [5].

Существующие в отрасли оценки неблагоприятного воздействия на человека угольно-породной пыли рассматриваются, в основном, с точки зрения действия на органы дыхания. Однако, не менее неблагоприятное влияние она оказывает, попадая на поврежденную кожу горнорабочих, способствуя возникновению пиодермитов, за счет скапливания значительного количества бактерий на поверхности пылевых частиц и закупорки протоков потовых и сальных желез [10]. Наиболее неблагоприятными по этому фактору являются глубокие шахты, разрабатывающие крутые антрацитовые пласты. Содержание пыли в воздухе рабочей зоны при выполнении основных технологических процессов даже при применении современных средств и способов углевыемки, а также наиболее эффективных мероприятий, проводимых по борьбе с пылью, как правило, выше предельно допустимого уровня [11, 12, 13], что свидетельствует о том, что система управления данным видом риска малоэффективна и остаточный риск остается довольно высоким.

Запыленность воздуха колеблется в значительных пределах, даже в течение одной смены (таблица 1.2.) [9, 10, 11, 12, 13, 14]. Влияние этого фактора возрастает в условиях маломощных пластов и, особенно, глубоких шахт, когда горнорабочие вынуждены работать без спецодежды из-за высоких температур.

У шахтеров, работающих в трусах и майке, количество пыли за 1 час работы колеблется от 0,1 до 0,133, составляя в среднем 0,116 г на 100 см<sup>2</sup> поверхности кожи. В экипировке, состоящей из костюма, майки и трусов, конденсация пыли на коже колеблется от 0,013 до 0,066 г на 100см<sup>2</sup>, в среднем - 0,028 г, т.е. снижается в 4 раза. Средневзвешенный показатель «запыленности» кожи шахтеров в полной экипировке (костюм, кальсоны, рубашка) составляет 0,003 г на 100 см<sup>2</sup>, что в 7-9 раз меньше, чем у рабочих, использующих в качестве белья майку и трусы в 30-40 раз меньше, чем у работающих только в майке и трусах [14].

Таблица 1.2 – Среднесменные колебания запыленности воздуха на рабочих местах рабочих основных профессий

Профессия	Среднесменная запыленность воздуха, мг/м <sup>3</sup>
Машинист комбайна	70-770
Помощник машиниста	70-310
ГРОЗ в комбайновых лавах	25-200
ГРОЗ при ручной выемке угля	200-700
ГРОЗ при погрузке угля	10-500
Проходчик откаточного штрека	10-110
Проходчик вентиляционного штрека	50-620

Неблагоприятные микроклиматические условия в зависимости от различного сочетания повышенной или пониженной температуры, скорости движения и относительной влажности воздуха, воздействуя на человека, увеличивают риск возникновения простудных заболеваний. Низкие значения температур вмещающих пород и их обводненность, высокая скорость движения воздуха и его влажность, а так же напряженность и интенсивность труда нарушают тепловое равновесие между человеком и окружающей средой, что способствует значительному охлаждению организма. Наибольшая доля потери тепла радиацией и конвекцией (до 80%) у горнорабочих, работающих в вертикальном положении, отдача тепла кондукцией характерна для работ на маломощных пластах, где важным является соответствие конструкции спецодежды локальному теплообмену человека, в связи с чем, важными функциями спецодежды являются обеспечение нормальной терморегуляции организма

Показатели микроклимата угольных шахт различных угольных бассейнов страны значительно варьируют, о чем свидетельствуют следующие данные. Диапазон колебания температур в Донецком бассейне на неглубоких шахтах летом и зимой практически одинаков и составляет 17-25<sup>0</sup>С, при относительной влажности 80-99%. Глубокие шахты Донбасса характеризуются более высокими уровнями температур, диапазон колебаний которых составляет в летнее и зимнее время 28-32<sup>0</sup> С, при относительной влажности 65-100% [16,17]. Широкое внедрение



современной технологии угледобычи повлекло за собою повсеместное применение средств пылеподавления - орошение, нагнетание воды в пласт и др., что в свою очередь привело к тому, что даже в относительно сухих лавах имеет место увлажненность почвы. В соответствии с «Правилами безопасности в угольных шахтах» и стандартами [18,19], температура воздуха на рабочих местах нормируется в зависимости от влажности и подвижности воздуха в пределах от 22 до 26<sup>0</sup>С. Скорость движения воздуха колеблется от 0,5 м/с в забоях до 4,0 м/с и более в околоствольных выработках при высокой относительной влажности воздуха.

Большим многообразием отличаются гидрогеологические характеристики шахтных полей и пластов. Обводненность регистрируется в 29,7% шахт. Коэффициент водообильности шахт Донбасса колеблется в пределах от 0,5 до 15,0. Из общего количества лав обводненными являются 29,7%, из которых 60,3% характеризуются обводненностью почвы, а 39,7% - имеют капёж воды с кровли. 95% шахтных вод Донбасса имеют щелочную и нейтральную реакцию, около 2% шахтных вод отличаются повышенной агрессивностью (рН <3).

Повышенная интенсивность вибрации (механические колебаний в твердых телах с частотой ниже 20 Гц.) на рабочих местах приводит к возникновению вибрационной болезни, функциональным нарушениям нервной, сердечно-сосудистой систем, изменению кровяного давления. Наиболее неблагоприятные условия труда по вибрации складываются на рабочих местах машинистов проходческих и угледобывающих комбайнов, превышая допустимые уровни во всем нормируемом диапазоне частот на 12-25 дБ. Заболеваемость горнорабочих очистных забоев, горнорабочих подземных, машинистов буровых станков, угольных и проходческих комбайнов, подземных установок, проходчиков и других профессий, работающих в условиях повышенной вибрации, более чем в три раза превышает заболеваемость рабочих, где отсутствуют источники вибрации [18,19]. С точки зрения защиты шахтеров спецодеждой, нас интересует действие местной вибрации. Параметры вибрации отбойных молотков ОМП-9, ОМП-11, за исключением МОЗ9П превышают предельно-допустимые уровни на 8...10 дБ и

более. При этом время контакта с отбойными молотками у горнорабочих-забойщиков достигает 39% рабочей смены. Неблагоприятные условия труда создаются в подготовительных забоях с применением перфораторов и погрузочных машин с пневмоприводом, где имеется локальная вибрация, превышающая допустимые нормы до 20 дБ. Комбайновая выемка угля практически устранила влияние вибрации при работе.

Исследования вибрационных характеристик (таблица 1.3), проведенных в рамках выполняемой работы, показали, что превышения уровней виброскорости над допустимыми значениями составляют 1-3 дБ на частоте 8 Гц, 5-10 дБ на частоте 16 Гц, 6-10 дБ на частоте 31,5 Гц и 4-7 дБ на частоте 63 Гц.

Таблица 1.3 – Вибрационные характеристики ручных машин

Вид ручной машины	Средние уровни виброскорости, дБ в октавных полосах частот, Гц								Корректированный уровень виброскорости, дБ	Допустимое время работы без СИЗ по ГОСТ 17770-86 [68], с
	16	31,5	63	125	250	500	1000			
Отбойный молоток	118	119	116	113	107	103	97	97	122	47
Перфоратор (буровой молоток)	115	114	115	110	110	109	105	102	120	77
Сверло ручное	116	116	111	108	105	105	103	101	119	95
Рубильный молоток	118	119	119	116	114	112	105	107	124	32
Пневмошлифовальная машинка	96	94	96	90	93	92	88	87	100	480
Пневмопила	-	-	103	107	106	117	113	109	120	77
Допустимые уровни для локальной вибрации по ДСН 3.3.6.039-99	115	109	109	109	109	109	109	109	112	

На частотах 125 Гц и выше превышение допустимых уровней вибрации практически отсутствует. В условиях повышения уровня механизации очистных и подготовительных работ возросла роль вредных факторов имеющих химическую природу, как масла и водомасляные эмульсии, синтетические и полимерные материалы, диэлектрические жидкости и др. Загрязнение масляными аэрозолями происходит в результате применения пневматических инструментов [20,21]. Синтетические и полимерные материалы нашли применение на предприятиях угольной промышленности, в основном, для тепло-, гидрозащиты горных

выработок. Диэлектрические жидкости, прежде всего на основе кремнийорганических соединений применяют в основном, в качестве хладагентов двигателей угольных комбайнов. Водомасляные эмульсии используются в качестве рабочих жидкостей в гидрофицированных крепях. Неизбежные при эксплуатации гидрофицированных крепей и механизированных комплексов [22] утечки синтетических и полимерных материалов, диэлектрических жидкостей, могут приводить к снижению сроков эксплуатации спецодежды, ее повышенному износу и, как следствие, возникновению аллергических реакций у горнорабочих.

К биологическим ОВПФ относятся патогенные микроорганизмы (бактерии, вирусы, грибки, простейшие) и продукты их жизнедеятельности (токсины), а также макроорганизмы.

По данным микробиологических исследований бактериальная загрязненность воздуха в забоях угольных шахт очень высока и достигает 232 тыс. бакт./м<sup>3</sup> [10]. Коли - титр шахтной воды и почвы характеризуется величинами порядка  $10^{-7}$  и  $10^{-3}$  соответственно. Поражение грибками ног горнорабочих происходит по причине благоприятных для их развития микроклиматических условий в выработках (высокая температура и влажность, обводненность выработок).

Анализ хронометражных данных, приведенных в литературе [14], показывает, что на степень защиты кожных покровов шахтеров спецодеждой влияет интенсивность их работы и рабочие позы. Наиболее высокий процент применения ручного труда установлен в очистных забоях, где выемка угля осуществляется отбойными молотками и при ремонтно-подготовительных работах. Во время выемки угля фиксируется большое количество возвратно-поступательных движений (40...45 движений в минуту), амплитуда колебаний которых составляет 0,25...0,30 м. Рабочие усилия при этом колеблются в пределах 240...290 Н. В труде забойщика преобладают вынужденные рабочие позы - «полусогнутая с различными наклонами», «на корточках», «на коленях» и «с присаживанием на пятки или бедро» (таблица 1.4.), что значительно увеличивает износ спецодежды [23]. Работа горнорабочих по доставке лесоматериалов

выполняется в зависимости от рабочего места. На вентиляционном и откаточных штреках горнорабочие работают стоя, в очистном забое горнорабочие - «в полусогнутом положении с различной глубиной и направлением наклона», «на корточках», «на коленях». Масса лесоматериалов колеблется в пределах от 4 до 12 кг. Рабочие усилия при креплении в среднем составляют 100 Н, а в некоторых случаях - 200 Н. Комбайновый способ добычи угля несколько сокращает общее количество людей, занятых на ручных операциях. В период выемки угля, в труде машиниста комбайна преобладают вынужденные рабочие позы - «стоя», «полусогнутая с различной глубиной и направлением наклона». Рабочие усилия, в основном, составляют 90-390 Н [23], причем значительные усилия наблюдаются при управлении кровлей. Наиболее высокий уровень механизации трудовых процессов наблюдается при разработке крутопадающих пластов механизированными комплексами и щитовыми агрегатами. В период выемки угля, в труде машиниста комбайна преобладают рабочие позы, в основном, «сидя». Вынужденные рабочие позы - «полусогнутая, с различной глубиной и направлением наклона» - преобладают в труде машиниста комбайна при выполнении подготовительно-заключительных и вспомогательных операций. Выраженность ОВПФ определяется технологией выемки угля, конструктивными особенностями углевыемочных машин и механизмов, степенью механизации и размещением очистного оборудования.

Анализ условий труда горнорабочих угольных шахт детально проведенный нами выше, позволил установить, что они отличаются широкой номенклатурой опасных и вредных производственных факторов. Исходя из сказанного выше, можно заключить, что номенклатура и интенсивность ОВПФ определяется профессией горнорабочего, а также горно-геологическими и горнотехническими условиями работы. Очевидно, что понятие "условия труда в угольной промышленности" можно рассматривать только как сумму характеристик условий

Таблица 1.4 – Расстояние от кровли до шахтера и продолжительность механических воздействий на тело шахтеров основных профессий в зависимости от мощности пласта и относительного времени работы в вынужденных рабочих позах

Рабочие позы, обусловленные выполнением производственных операций	Высота рабочей позы, м	Расстояние от кровли до горнорабочего, (м) при различной мощности пласта, м					Время работы в вынужденных позах ко всему рабочему времени (%) горнорабочих основных профессий				
		0,6-0,7	0,71-1,3	1,31-1,7	1,8-3,5	5,0	ГРОЗ	проходчик	электрослесарь	машинист электровоза	доставщик-такелажник
Стоя выпрямившись	1,68	0	0	0,02	0,12-1,82	3,32	0	34,7	20,0	12,0	25,2
Стоя согнувшись	1,6	0	0	0,1	0,2-1,9	3,4	0	37,5	11,2	8,2	28,4
На коленях согнувшись	0,9	0	0,1-0,4	0,4-0,8	0,9-2,6	4,1	48,2	0	33,6	0	20,6
На коленях с опорой на кисти	0,6	0,1	0,1-0,7	0,7-1,1	1,2-2,9	4,4	23,6	0	6,3	10,3	10,4
На коленях с опорой на пятки	1,2	0	0,1	0,1-0,5	0,6-2,3	3,8	0	4,9	0	0	10,3
На корточках	1,1	0	0,1-0,2	0,2-0,6	0,7-2,4	3,9	0	5,0	23,5	0	5,1
Сидя за пультом управления	1,4	0	0	0,1-0,3	0,4-2,1	4,6	0	17,9	0	69,5	0
Опора на бедро	0,82	0	0,1-0,48	0,48-0,88	0,98-2,68	4,18	5,4	0	0	0	0
Опора на голень	1,08	0	0,1-0,22	0,22-0,62	0,72-2,42	3,92	6,2	0	0	0	0
Лежа на боку	0,44	0,16-0,26	0,26-0,86	0,86-1,26	1,36-3,06	4,56	11,3	0	5,4	0	0
Лежа на животе	0,42	0,18-0,28	0,28-0,88	0,88-1,28	1,38-3,08	4,58	5,3	0	0	0	0

труда на отдельных рабочих местах в отрасли. Используемые в шахтах на сегодняшний день техника и технология выемки угля и применение средств коллективной защиты не обеспечивают достаточного уровня защиты шахтеров от ОВПФ, о чем свидетельствуют высокие показатели травматизма и заболеваемости.

В связи с этим, важное место в системе управления условиями труда должно отводиться средствам индивидуальной защиты, и, в частности, спецодежде, эффективность которой в значительной степени зависит от того, насколько ее защитные и эксплуатационные свойства снижают или устраняют воздействие неблагоприятных факторов горного производства на рабочем месте [24, 25, 26]. Воздействие ОВПФ определяет характер и степень необходимой защиты кожных покровов тела шахтера. Профессиональная принадлежность работников, род и место выполняемых ими работ определяют преобладающее влияние на горнорабочего тех или иных факторов, на устранение которых и должно быть направлено защитное действие спецодежды. Исходя из принципа соответствия защитных свойств спецодежды комплексу ОВПФ, на рабочих местах должен устанавливаться их ассортимент и максимальные, возможно допустимые сроки службы, что будет способствовать снижению производственного травматизма и профессиональной заболеваемости, сохранению здоровья работников угольной промышленности.

Критерием оценки влияния вредного фактора на организм работающего и степени эффективности защиты от конкретного фактора, применяемой спецодеждой, является травматизм, профессиональная (ПЗ) и производственно-обусловленная заболеваемость (ПОЗ) [27]. Главным требованием, предъявляемым к рабочему месту, является обеспечение полной безопасности труда, при котором исключается действие на организм работающего опасных и вредных факторов окружающей среды.

Обеспечение безопасных условий труда решается комплексно по многим направлениям. В первую очередь, это достигается созданием безопасной техники и технологии, внедрением комплексной механизации, применением средств коллективной защиты, а при недостаточности этих мероприятий обязательном

использовании спецодежды. В случае, если эти многоступенчатые механизмы защиты не работают, под воздействием вредных и опасных факторов производственной среды в организме человека происходят физиологические сдвиги, которые носят приспособительный характер. При срыве адаптации возникает болезнь, следствием которой является временная нетрудоспособность, а иногда и инвалидность. В системе "производственная среда - человек" заболеваемость рассматривается как результат воздействия отдельных неблагоприятных факторов производственной среды, а так же их комплекса, на человека в процессе труда. Это - особая форма сигнальной информации о результатах воздействия на человека производственных факторов.

Исследованиями, проводимыми на угольных предприятиях, показано, что наиболее часто встречающимися заболеваниями, вызываемыми действием микроклиматических факторов в угольных шахтах, является группа простудных заболеваний [27,28]. В эту группу входят различные заболевания, в возникновении которых главную роль играет неблагоприятный микроклимат на рабочих местах. Эта группа заболеваний преобладает, как среди горнорабочих глубоких шахт, так и среди горнорабочих шахт обычной глубины, поэтому спецодежда с правильно подобранным тепловым пакетом может защитить как от повышенных, так и от пониженных температур. Общеизвестно, что неблагоприятное действие микроклимата приводит к напряжению терморегуляции, к снижению иммунобиологической резистентности организма, что и обуславливает повышенную чувствительность организма горнорабочих к простудным заболеваниям и способствует возникновению пиодермитов [29], являющихся весьма распространенной группой заболеваний среди горнорабочих угольных шахт в условиях повышенного загрязнения шахтной среды микроорганизмами,

Действие угольно-породной пыли сказывается в первую очередь на органах дыхания, вызывая при многолетнем воздействии такие тяжёлые профессиональные заболевания, как хронический пылевой бронхит и пневмокониоз. Меньше изучено воздействие пыли на кожу шахтёров. По данным Н.М. Петрунь загрязнение кожи ведет к закупорке сальных и потовых желез [30]. Нарушение функции

потоотделения при загрязнении кожи пылью отмечал М.Е. Маршак [31]. В смывах с кожи туловища и бедер горнорабочих глубоких шахт, которые выполняли работу в одних трусах, обнаружено от 0,6 до 0,8 г пыли на 100 см<sup>2</sup> кожи [32]. Л.Л. Сальцевич и Ю.П. Тихов установили высокую корреляционную связь между степенью запыленности отдельных частей поверхности кожи и частотой пиодермитов [10], однако данное утверждение требует дальнейшего уточнения, т. к. в условиях производственной среды угольных шахт на уровень пиодермитов могут существенное влияние оказывать и другие факторы, коррелированные с уровнем запыленности.

На предприятиях угольной промышленности, особенно высоки показатели травматизма [32, 33]. Механические факторы шахтной среды - удар, трение являются причиной высокого уровня тяжёлых травм, травм средней тяжести и микротравм кожи горнорабочих. Особенно возрастает опасность микротравматизации кожных покровов мельчайшими частицами угля и породы при работе без спецодежды, в условиях повышенных температур, особенно в глубоких шахтах, что способствует возникновению пиодермии кожи горнорабочих [34]. Как мелкие травмы, так и пиодермиты более частую локализацию имеют в верхних и нижних конечностях [35, 36]. Снижение уровня этих заболеваний осуществляется за счет достаточных гигиенических и защитных свойств спецодежды, применение которой соответствует конкретным условиям труда. Обводненность горных выработок при высоких её степенях, может вызвать переохлаждение организма горнорабочих, и способствовать возникновению простудных заболеваний [9]. Поэтому, на рабочих местах, характеризующихся обильной обводненностью, необходимо применять водонепроницаемую спецодежду или спецодежду с водоотталкивающей пропиткой. Воздействие масел на кожу вызывает дерматозы, но частота их среди горнорабочих невелика в связи малой интенсивностью указанного фактора в угольных шахтах [21].

Таким образом, основными группами заболеваний, которые возникают у горнорабочих, являются простудные и пылевые заболевания, пиодермиты и травмы. Локализация пиодермитов и мелких травм говорит о том, что факторы,



вызывающие эти заболевания, действуют локально, что следует учитывать при конструировании спецодежды, для чего необходимо нахождение количественных зависимостей между показателями заболеваемости и интенсивностью воздействия ОВПФ на организм.

Несмотря на сложную биосоциальную систему, течение информационного процесса (развитие заболеваемости) имеет стохастический характер и поддается количественной оценке. Это совершенно необходимо для осуществления основного принципа управления - обратной связи. Информация об уровне заболеваемости и травматизма отдельных контингентов рабочих подвергается анализу, по результатам которого обосновывается эффективная система управляющих воздействий.

## **1.2 Анализ эксплуатационных, защитных и гигиенических свойств тканей, применяющихся для изготовления спецодежды горнорабочих угольных шахт**

При анализе эксплуатационных защитных и гигиенических свойств тканей, применяющихся для изготовления спецодежды горнорабочих угольных шахт, особое внимание уделялось определению эффективности применения тканей с добавками синтетических волокон, поскольку они отличаются повышенными показателями износостойкости. В связи с этим, изучалась область рационального применения спецодежды из различных по составу натуральных тканей и с добавками синтетических волокон.

Анализ исследований эксплуатационных, защитных и гигиенических свойств спецодежды шахтеров и материалов, применяющихся для её изготовления, были начаты в угольной промышленности в 1967 году. В течение 1967-2000 гг. обобщался опыт применения новых тканей с синтетическими волокнами для спецодежды шахтёров. Были разработаны технические и санитарно-гигиенические

требования к тканям и спецодежде для горнорабочих глубоких шахт и к материалам для водозащитной спецодежды горнорабочих обводненных выработок.

Проведенные в этот период работы позволили установить, что ассортимент тканей для шахтерской спецодежды не пересматривался с 1980 года, несмотря на то, что за это время появились новые ткани, которые при производственных испытаниях показали достаточно высокие эксплуатационные качества. Кроме того, до настоящего времени не исследованы многие важные защитно-гигиенические и эксплуатационные свойства тканей, применяющихся для изготовления спецодежды шахтеров [37]. Следовательно, ассортимент этих тканей формируется без достаточных научных обоснований. Несмотря на все более широкое распространение тканей с добавками синтетических волокон, эффективность и область их рационального применения в подземных выработках угольных шахт также не определены.

Спецодежда является наиболее распространённым средством индивидуальной защиты рабочих на производстве от неблагоприятных факторов внешней среды. Высокая защитная способность и износоустойчивость спецодежды должны сочетаться с необходимым гигиеническими свойствами, которые зависят, главным образом, от свойств тканей, применяемых для изготовления спецодежды. Для изготовления шахтерской спецодежды в настоящее время используются хлопчатобумажные, льняные и смешанные ткани. Последние представляют собой смесь натуральных и синтетических волокон. Введение синтетических волокон в структуру ткани повышает износоустойчивость, однако, большое количество синтетики может привести не только к ухудшению гигиенических свойств ткани, но и накапливанию на поверхности ткани статического электричества, что недопустимо при эксплуатации такой спецодежды в условиях повышенного метановыделения.

Эксплуатация спецодежды в подземных выработках угольных шахт имеет известные специфические особенности, которые обуславливают высокие эксплуатационные требования к тканям. Основным нормативным документом,

регламентирующим ассортимент тканей для шахтёрской спецодежды, является - ГОСТ 12.4.110-82 «Система стандартов безопасности труда. Костюмы шахтерские для защиты от механических воздействий и общих производственных загрязнений. Технические условия» [38].

Для шахтерской спецодежды рекомендуются ткани, отличающиеся большой прочностью, плотностью и износоустойчивостью. Это преимущественно тяжелые хлопчатобумажные, льняные и с примесью капрона ткани с пропитками. В последние годы все более широкое применение в угольной промышленности находят смешанные ткани (хлопок или лен с капроном), их удельный вес в общем количестве тканей для спецодежды непрерывно растет, и в настоящее время около 50% спецодежды шахтеров изготавливается из современных тканей.

Решение вопроса о целесообразности применения тканей для массового пошива спецодежды горнорабочих до настоящего времени основывалось на результатах лабораторных и производственных испытаний опытных партий изготовленной из них спецодежды. Порядок и методы проведения этих испытаний регламентированы в угольной промышленности «Временной инструкцией о порядке приемки спецодежды» и «Типовой методикой проведения испытаний спецодежды для рабочих угольных шахт», разработанными МакНИИ на основании исследований.

В соответствии с указанной методикой, организации-разработчики должны представлять характеристику физико-эксплуатационных и гигиенических свойств тканей, однако они, как правило, представляют чрезвычайно ограниченный набор этих показателей - в основном только те, которые предусмотрены ГОСТами, - поэтому до настоящего времени нет полных характеристик эксплуатационных и гигиенических свойств тканей, применяющихся для шахтерской спецодежды.

Кроме того, и это не менее важно, отсутствует метод количественной оценки всего комплекса свойств этих тканей. Все это затрудняет правильный и обоснованный выбор лучших тканей и приводит к тому, что ассортимент тканей для спецодежды подземных рабочих угольных шахт складывается без достаточных научных обоснований.

В соответствии с целями настоящей научно-исследовательской работы необходимо установить требования к износостойкости тканей, применяемых для изготовления шахтерской спецодежды, при работах в различных условиях труда, поскольку именно этот показатель существенно влияет на срок ее носки, что немаловажно в экономическом аспекте. Это позволит проанализировать сложившийся ассортимент применяемых тканей с точки зрения технико-экономической рациональности их структуры.

Анализируя ассортимент применяемой в шахтах спецодежды, следует отметить, что удельный вес льняных тканей в последние годы снизился на 23%, а хлопчатобумажных возрос более, чем вдвое. Количество тканей с добавкой синтетических волокон возросло и в настоящее время эти ткани в общем балансе составляют 60,6% (в 1966 г.-44,5%), причем среди хлопчатобумажных тканей они составляют 70%, а среди льняных -64%. Такое увеличение количества тканей с добавками синтетических волокон с технической точки зрения является вполне оправданным, даже в том случае, если оно приведет к увеличению расходов.

### **1.3 Постановка задач исследований**

На основании проведенного анализа условий труда, травматизма, профессиональной, производственно-обусловленной заболеваемости и существующей системы создания, внедрения и оценки свойств спецодежды на предприятиях угольной промышленности по статистическим и литературным источникам за период более пятнадцати лет, сформулирована цель исследований - обоснование защитных свойств спецодежды горнорабочих в зависимости от времени ее эксплуатации в различных горно-геологических и горнотехнических условиях.

Результаты проведенного анализа сводятся к следующему.

1. Вопрос определения эффективности тканей, применяемых для изготовления спецодежды шахтеров по параметрам износостойкости изучен недостаточно.

2. Принятая в отрасли система оценки степени защиты шахтеров от комплекса производственных факторов шахтной среды спецодеждой малоэффективна, так как не позволяет определить ее надежность и степень защиты горнорабочего.

3. Отсутствует научное обоснование ассортимента тканей, которые по всему комплексу свойств в наибольшей степени соответствовали бы условиям эксплуатации спецодежды в подземных выработках угольных шахт.

4. Не проведена технико-экономическая оценка спецодежды из тканей с добавлением синтетических волокон.

5. Отсутствует метод количественной оценки износостойкости тканей, применяющихся и рекомендованных для спецодежды горнорабочих, что не позволяет провести технико-экономическую оценку этих тканей.

Изложенные в пунктах 1-5 результаты анализа и выводы позволили сформулировать следующие задачи:

- выполнить анализ ОВПФ шахтной среды, влияющих на защитные свойства спецодежды шахтерской в зависимости от сроков ее эксплуатации и обосновать требования к этим свойствам;

- установить зависимости степени снижения защитных характеристик спецодежды от величины ее износа;

- разработать методы комплексной оценки износостойкости спецодежды шахтерской в зависимости от сроков эксплуатации для установления рационального диапазона защиты анатомо-топографических зон тела горнорабочих.

- разработать и изготовить прибор для исследования износостойкости тканей по большой плоскости, позволяющий оценить степень изменения эксплуатационных и гигиенических свойств тканей в лабораторных условиях.

## РАЗДЕЛ 2

### ОБЩАЯ МЕТОДИКА И ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Задача обоснования требований к показателям защитных и эксплуатационных свойств ассортимента шахтерской спецодежды решена в результате проведения экспериментальных исследований, а так же, анализа литературных данных. Обоснование требований к показателям защитных свойств проведено исходя из принципа локального действия вредных факторов производственной среды угольных шахт на организм горнорабочих. После разделения тела горнорабочего на отдельные анатомо-топографические зоны обоснованы требования к необходимой защите каждой зоны от вредных факторов производственной среды. Нами сформированы требования к шахтерской спецодежде, включающие, полный набор показателей и в достаточной мере характеризующий соответствие защитных, эргономических и эксплуатационных показателей комплексу ОВПФ воздействующих на организм горнорабочего.

При проведении экспериментальных исследований спецодежды определяли следующие показатели:

1. Устанавливали соответствие линейных размеров образца типовой фигуре человека, а так же массы, включающей массу 1 м линейной плотности, массу 1 м<sup>2</sup> поверхностной плотности, кондиционную массу 1 м<sup>2</sup> кондиционной поверхностной плотности.

Длину ткани в куске (L) в метрах вычисляли по формуле:

$$L = l \cdot n + l_1 \quad (2.1)$$

где: l - длина каждого участка, м;

n - количество измеренных участков куска;

Длину ткани в куске, сложенной накладками, (L<sub>0</sub>) в метрах вычисляли по формуле:

$$L_0 = l_n \cdot n_n + l_{1n} \quad (2.2)$$

где: l<sub>n</sub> - средняя длина накладки, м;

$n_n$  - количество накладок;

$l_{1n}$  - длина неполной накладки, измеренной линейкой, м.

Массу 1 м образца ( $M$ ) в граммах вычисляли по формуле:

$$M_1 = \frac{m}{l_2} \cdot 100 \quad (2.3)$$

где:  $m$ —масса образца, выдержанного в нормальных атмосферных условиях, г;

$l_2$  - средняя длина образца, выдержанного в нормальных атмосферных условиях, см.

Массу 1 м<sup>2</sup> образца ( $M_2$ ) в граммах вычисляли по формуле:

$$M_2 = \frac{m}{l_2 \cdot b} \cdot 10000 \quad (2.4)$$

где:  $m$  - масса образца, выдержанного в нормальных атмосферных условиях, г;

$l_2$  - средняя длина образца, выдержанного в нормальных атмосферных условиях, см;

$b$  - средняя ширина образца, выдержанного в нормальных атмосферных условиях, см.

Кондиционную массу 1 м<sup>2</sup> образца ( $M_k$ ) в граммах вычисляли по формуле:

$$M_k = \frac{M_2(100 + W_n)}{100 + W_\phi} \quad (2.5)$$

где:  $M_2$  - масса 1 м<sup>2</sup> образца, г;

$W_n$  - кондиционная влажность ткани или штучного изделия, %;

$W_\phi$  - фактическая влажность ткани или штучного изделия, %.

Кондиционную влажность ткани или штучного изделия из смешанных нитей ( $W_n$ ) в процентах вычисляли по формуле:

$$W_n = \frac{\sum(W_n^1 \cdot P)}{100} \quad (2.6)$$

где:  $W_n^1$  - кондиционная влажность каждого вида волокна, входящего в состав смешанной ткани, %.

P - номинальное содержание сухой массы каждого вида волокна, входящего в состав смешанной ткани, %.

2. Показатель поверхностной плотности ткани ( $\text{г/м}^2$ ), как определяющий вес комплекта спецодежды определяли по формуле:

$$m = \frac{m}{l \cdot b} \quad (2.7)$$

где: m – поверхностная плотность;

l – средняя длина элементарной пробы, м.;

b - средняя ширина элементарной пробы, м.

3. Изменения размеров ткани после мокрой обработки (%), оказывающих влияние на усадку тканей и изменение линейных размеров спецодежды определяли по формуле:

$$\lambda = \frac{l - l_0}{l_0} \cdot 100 \quad (2.8)$$

где:  $\lambda$  - изменение размеров, %;

$l_0$  – расстояние до обработки, мм.;

l - расстояние после обработки, мм.

4. Воздухопроницаемость тканей рассматривалась, как критерий воздухообмена внешней рабочей среды и пододёжного пространства, особенно значимый в условиях нагревающего микроклимата. Определение его осуществлялось на приборе марки ВПТМ 2. Сущность метода заключалась в измерении объёма воздуха, проходящего через заданную площадь испытуемого материала за единицу времени при определённом разряжении под точечной пробой.

$$B = \frac{V_{cp} \cdot 10^4}{S} \quad (2.9)$$

где: B - воздухопроницаемость,  $\text{дм}^3/\text{м}^2 \text{ с.}$ ;

V - средний расход воздуха из всех замеров образца,  $\text{дм}^3/\text{с.}$ ;

S - испытуемая площадь,  $\text{см}^2$ ;

h - высота спиртового столба, мм.



Показатели минимального и максимального значений воздухопроницаемости тканей ( $Q_{\max}$  и  $Q_{\min}$ ) в  $\text{дм}^3/\text{м}^2$  с каждой точечной пробы вычисляли по формуле:

$$Q_{\frac{\max}{\min}} = \frac{V \cdot 10000}{3600S} = \frac{100V}{36S} \quad (2.10)$$

где:  $V$  - максимальное или минимальное значение расхода воздуха из всех испытаний точечной пробы по показаниям ротаметра, л/ч;

$S$  - испытываемая площадь,  $\text{см}^2$ .

5. Определение стойкости ткани к механическим воздействиям (разрывной и раздирающей нагрузке, удлинению при разрыве и стандартной разрывной нагрузке текстильных тканей, разрывной нагрузке шва, удлинению ниточных швов, раздвигаемости нитей ткани в швах) проводили на разрывной машине ИР 5074.

Удлинение ткани и шва ( $l_1$ ), % вычисляли по формуле:

$$l_1 = \frac{l \cdot 100}{A} \quad (2.11)$$

где:  $l$  - измерение длины, мм;

$A$  - зажимная длина, мм.

Работа разрушения ткани и шва ( $R$ ) в Н·м определяли по диаграмме "нагрузка – удлинение" методом планиметрирования площади ( $OABCC_1O$ ) под кривой на участке от нулевой точки до разрывной нагрузки и вычисляли по формуле:

$$R = \eta \cdot P \cdot l \quad (2.12)$$

где:  $\eta$  – коэффициент полноты диаграммы;

$P$  – разрушающая нагрузка, Н;

$l$  – удлинение, м.

Определение стойкости тканей к истиранию проводили на приборе ИТ-3М и ПИТ, и характеризовалось числом циклов, выдерживаемых тканью до образования дыры.

6. Обоснование требований к показателям защитных свойств шахтерской спецодежды, обеспечивающих снижение концентрации пыли на коже до безвредного уровня, проведено на основе анализа результатов исследований [23] в

которых изучалось влияние различных вариантов экипировки на "запыленность" кожи горнорабочих. Определение пылепроницаемости тканей и соединительных швов проводилось на установке роторного типа марки ППТ с последующим взвешиванием каждой пробы пыли на лабораторных весах первого класса. Пылепроницаемость элементарной пробы ткани ( $\Pi_{\text{п}}$ ) и элементарной пробы ткани со швом ( $\Pi$ ) в  $\text{г/м}^2$  вычисляли по формулам:

$$\Pi_{\text{п}} = \frac{m_1 - m_2}{S_1} \quad (2.16)$$

$$\Pi = \frac{m_3 - m_4}{S_2} \quad (2.17)$$

где:  $m_1$  - масса элементарной пробы ткани до испытания, г;

$m_2$  - масса элементарной пробы ткани после испытания, г;

$m_3$  - масса элементарной пробы ткани со швом до испытания, г;

$m_4$  - масса элементарной пробы ткани со швом после испытания;

$S_1$  - площадь элементарной пробы ткани,  $\text{м}^2$  ;

$S_2$  - площадь элементарной пробы ткани со швом,  $\text{м}^2$  ;

Пылепроницаемость шва ( $\Pi_{\text{ш}}$ ) определяли, как разность между пылепроницаемостью элементарной пробы ткани со швом ( $\Pi$ ) и элементарной пробы ткани ( $\Pi_{\text{п}}$ ).

$$\Pi_{\text{ш}} = \Pi - \Pi_{\text{п}} \quad (2.18)$$

Отклонение пылепроницаемости испытуемой ткани ( $X$ ) в % в сравнении с эталоном, вычисляли по формуле:

$$X = \frac{\Pi - \Pi_{\text{э}}}{\Pi_{\text{э}}} \quad (2.19)$$

где:  $\Pi$  – пылепроницаемость испытуемой ткани,  $\text{г/м}^2$ ;

$\Pi_{\text{э}}$  - пылепроницаемость эталонов ткани,  $\text{г/м}^2$ .

7. Определение физических свойств тканей (влажности, гигроскопичности, влагоотдачи, капиллярности, водоотталкивающих свойств ткани), характеризующих комфортное состояние рабочих и защиту кожного покрова от

вредных производственных факторов шахтёрской спецодежды, определялось следующим образом:

Влажность ( $W_{\phi}$ ) в % определяли высушиванием образцов ткани в сушильном шкафу с последующим взвешиванием на лабораторных весах. Обработку результатов проводили по формуле:

$$W_{\phi} = \frac{(m_{\phi} - m_c)}{m_c} \cdot 100 \quad (2.20)$$

где:  $m_{\phi}$  – масса пробы до высушивания, г.;

$m_c$  – масса пробы после высушивания до постоянной массы, г.

Гигроскопичность (Н) в % определяли высушиванием образцов ткани в сушильном шкафу с последующим взвешиванием на лабораторных весах. Обработку результатов проводили по формуле:

$$H = \frac{(m_b - m_c) \cdot 100}{m_c} \quad (2.21)$$

где:  $m_b$  – масса увлажнённой пробы, г.;

$m_c$  – масса пробы после высушивания до постоянной массы, г.

Влагоотдача ( $B_0$ ) в % определялась высушиванием образцов ткани в сушильном шкафу с последующим взвешиванием на лабораторных весах. Обработку результатов проводили по формуле:

$$B_0 = \frac{(m_{\phi} - m_{ck}) \cdot 100}{m_{\phi} - m_c} \quad (2.22)$$

где:  $m_{\phi}$  – масса пробы, после выдерживания в эксикаторе с водой, г.;

$m_{ck}$  – масса пробы, после выдерживания в эксикаторе с серной кислотой, г.;

$m_c$  – масса пробы после высушивания до постоянной массы, г.

Капиллярность определяли путём пропитки полоски ткани раствором двухромовокислого калия в течении шестидесяти минут и измеряли в мм.

Водоупорность определяли на пенетрометре и оценивали по давлению, вызывающему на наружной поверхности пробы три первые капли.

Водопоглощение ( $B_{п}$ ) в % определяли по формуле:

$$B_{II} = \frac{(m_g - m_c) \cdot 100}{m_c} \quad (2.23)$$

При обосновании требований к показателям водозащитных свойств шахтерской спецодежды, нами были использованы результаты исследований, проводимых в МакНИИ [39, 40].

Для обоснования требований к показателям антимикробных свойств шахтерской спецодежды, наряду с анализом литературных данных [41, 42] использованы проведенные ранее экспериментальные исследования МакНИИ по оценке защитной эффективности обычного и антимикробного белья в условиях ш. "Октябрьская" ПО "Советскуголь", ш. им. Скочинского "Донецкуголь", ш. "Кочегарка" ПО "Артемуголь" и треста "Донецкшахтопроходка" [43].

8. Удельное поверхностное электрическое сопротивление ткани определяли с точки зрения накопления статического электричества на поверхности ткани, которое в шахтах категорийных и сверхкатегорийных по метану может послужить источником его взрыва в шахте. Для определения этого показателя использован прибор системы ВНИИПХВ марки ИЭСТП-1. Обработку результатов проводили по формуле:

$$\rho_s = k \cdot R_s \quad (2.24)$$

где:  $k$  - постоянная величина, определяемая геометрией электродов прибора ИЭСТП-1;

$R_s$  – среднее арифметическое результатов показаний поверхностного сопротивления полос, Ом.

9. Требования к показателям теплозащитных свойств спецодежды определяли двумя методами - расчетным [44] и экспериментальным путем [45].

10. Экспериментальное исследование защитной эффективности шахтерской спецодежды в отношении индустриальных масел, а также анализ литературных данных [46,47] позволили сформулировать требования к пакету спецодежды, который защищает кожу рабочих от загрязнения маслами. В ходе эксперимента был проведен осмотр комплектов шахтерской спецодежды с целью выявления топографии и интенсивности загрязнения маслами, а также осмотр кожи и опрос

горнорабочих. Всего осмотрено 154 комплекта спецодежды и опрошено 154 горнорабочих. Интенсивность загрязнения спецодежды и кожи оценивалась по степеням: слабая (+), умеренная (++) и сильная (+++).

Для количественной оценки загрязнения маслами на внутренней поверхности шахтерского костюма в специально нашитые карманы в области груди, живота, наружных поверхностях плеча и предплечья, передних поверхностей бедра и голени вкладывались бумажные обезоленные фильтры "синяя лента". Диаметр фильтров составлял 12 см, общая площадь 113 см<sup>2</sup>. Через определенное количество рабочих смен (от 2 до 10) фильтры изымались из карманов для количественного определения проникшего через спецодежду масла. Сущность метода, разработанного в Донецком НИИ ГТ и ПЗ [48] заключается в извлечении с помощью растворителя (гексана) масла из фильтров с последующим определением концентрации по оптической плотности на фотоэлектроколориметре. После определения количества масла проведен пересчет на 100 см поверхности. Всего в носке оценивалось 35 костюмов, исследовано 163 пробы.

11. При обосновании требований к показателям защитных свойств спецодежды использованы эмпирические зависимости в виде уравнений множественной регрессии, полученные в ходе обработки и анализа физиологических экспериментов по оценке влияния свойств шахтерской спецодежды на функциональное состояние организма горнорабочих. Путем расчетов по уравнениям множественной регрессии получены параметры спецодежды: площадь перекрытия усилительными накладками, содержание лавсана в основной ткани и ткани перекрытия, поверхностная плотность и воздухопроницаемость тканей, которые обеспечивают допустимое функциональное состояние организма при работе средней тяжести и тяжелой.

12. Задача оценки используемого ассортимента шахтерской спецодежды с целью обоснования направления дальнейшей рационализации решалась на основе квалиметрического подхода [49] и использования методов оценки риска. Для этого в каждой укрупненной группе в соответствии с требованиями и принятой системой

оценок проведена оценка используемого ассортимента по показателям защитных свойств от удара, трения, микроклимата, обводнённости, микробов, масел и пыли всех защищаемых спецодеждой анатомо-топографических зон. Учитывая количество вредных факторов и защищаемых от них спецодеждой зон тела, только по одному варианту экипировки проводилось 84 оценки. В связи с большим разнообразием вариантов используемого ассортимента и, как следствие, большим объемом расчетов, решение задачи комплексной оценки ассортимента шахтерской спецодежды в каждой укрупненной группе затруднительно без автоматизации этого процесса. Поставленная задача, по комплексной оценке, используемого ассортимента, была реализована с помощью специально разработанного алгоритма и программы, по которому была получена комплексная оценка 206 вариантов экипировки шахтеров.

Требования к защите различных зон тела горнорабочих от механических факторов обоснованы в ходе изучения показателей заболеваемости пиодермитами и микротравматизма кожи на шахтах Макеевугля. При этом мы исходили из предпосылки, что различная интенсивность воздействия механических факторов шахтной среды (трения, удара) вызывает различные по тяжести нарушения в состоянии здоровья горнорабочих, клинические проявления которых имеют определенную локализацию в зависимости от места воздействия фактора на тело горнорабочих. Была проведена выкопировка данных о: заболеваемости фурункулами, карбункулами, гидраденитами, флегмонами, абсцессами, панарициями, экземами, дерматитами, дерматофитозами и другими болезнями кожи; переломах, ушибах и ранах. Данные выкопированы из амбулаторных карт медико-санитарных частей. Данные о случаях заболеваний пиодермитами и травмах выкопированы из более чем 3000 амбулаторных карт. Заболеваемость и травматизм изучены у рабочих очистных забоев (ГРОЗ), рабочих подготовительных забоев (проходчиков), рабочих ВШТ, рабочих прочих подземных участков.

Рассчитывались показатели заболеваемости на 100 подземных рабочих в случаях и днях по пиодермитам, дерматологической группе (фурункулы,

карбункулы), хирургической группе (флегмоны, абсцессы), экземам с дерматитами, дерматофитозам и другим болезням кожи. Показатели травматизма на 100 рабочих в случаях и днях рассчитаны по переломам, ушибам и ранам. Изучена структура заболеваемости, для чего рассчитывались экстенсивные показатели по нозологическим единицам. С целью установления топографии и интенсивности воздействия механических факторов на организм горнорабочих изучена структура заболеваемости пиодермитами и травматизм по анатомо-топографическим зонам. Для этого были рассчитаны экстенсивные показатели заболеваемости по анатомо-топографическим зонам тела. Учитывая то обстоятельство что площади различных анатомо-топографических зон неодинаковы, была проведена стандартизация показателей заболеваемости по зонам путем пересчета показателей на 100 см<sup>2</sup> поверхности тела. Площади различных анатомо-топографических зон взяты по Б.Н. Постникову, а площади зон тела, защищённых спецодеждой, рассчитаны автором (таблица 2.1).

Для установления роли травмирующего фактора во влиянии на заболеваемость пиодермитами по различным анатомо-топографическим зонам проведен корреляционный анализ показателей травматизма с показателями заболеваемости пиодермитами среди различных профессий подземных рабочих.

После разработки рекомендаций по рациональному использованию дальнейшему совершенствованию ассортимента шахтерской спецодежды соответствии с "Методикой определения социально-экономической эффективности применения средств индивидуальной защиты на предприятиях угольной промышленности" [50] была проведена прогнозная оценка социально-экономической эффективности рационализации ассортимента спецодежды.

Степень уровня защиты спецодежды, применяемой в угольной промышленности от комплекса ОВПФ, оценивалась по показателю профессионального риска [23, 51]. При использовании этого показателя устанавливались усреднённые значения влияющих показателей на исследуемый объект. Установление видов зависимости осуществлялось путём последовательного уточнения вида уравнения регрессии (первого, второго или

более высокого порядка) с использованием полинома Чебышева [52]. Принимался такой вид уравнения, при котором дисперсия оказывалась минимальной. Методика выбора типа уравнения следующая. Рассчитывали дисперсию для каждого вида уравнений:

$$D_k = \frac{S_k}{n - k - 1}; \quad (2.25)$$

где:  $S_k$  - сумма квадратов отклонений;

$n$  - число разбивки массивов на варианты;

$k$  - показатель степени зависимости.

Таблица 2.1 – Площади анатомо-топографических зон человек, защищаемых спецодеждой и их удельный вес по Б.Н. Постникову.

№ п/п	Анатомо-топографические зоны	Площади всех зон тела, см <sup>2</sup>	Удельный вес зон тела, %	Площадь зон тела, защищённых спецодеждой, см <sup>2</sup>	Удельный вес зон по отношению к площади, защищённой СИЗ, %
1	Туловище	5460	34,1	5460	34,7
1.1	грудь	1450	9,0	1450	9,2
1.2	живот	1450	9,0	1450	9,2
1.3	спина	2560	16,0	2560	16,3
2	Верхние конечности	2870	17,9	2870	18,3
2.1	плечо	1135	7,9	1135	7,2
2.2	локтевой сустав	230	1,4	230	1,5
2.3	предплечье	785	4,9	785	5,0
3	Нижние конечности	6280	39,2	6280	40,0
3.1	ягодицы (таз)	800	5,0	800	5,1
3.2	бедро	2150	13,4	2150	13,7
3.3	коленный сустав	600	3,7	600	3,8
3.4	голень	1700	10,6	1700	10,7

Как только  $D_{k+1}$  перестает быть значительно меньше  $D_k$ , увеличение степени прекращалось. Ниже приведены уравнения различного порядка, а так же порядок вычисления постоянного коэффициента этих уравнений:

для уравнения регрессии нулевого порядка:



$$y = E_{np} \quad S_0 = \sum (y_i^2) - \frac{(\sum \delta_i')^2}{i}; \quad (2.26)$$

$$\delta_0 = 1/n \sum y_i; \quad (2.27)$$

для уравнения регрессии первого порядка:

$$S_1 = S_0 - \delta_1^2 \sum P_1^2(n); \quad (2.28)$$

$$X = E_0 \quad \delta_1 = \frac{\sum y_i p_1(x_i)}{\sum P_1^2(n)}; \quad (2.29)$$

$$p_1(x_i) = x_i - \frac{n+1}{2}; \quad (2.30)$$

$$\sum P_1^2(n) = \frac{i(i^2-1)}{12}; \quad (2.31)$$

$$y_1 = \delta_0 + \delta_1 p_1(x_i); \quad (2.32)$$

для уравнения регрессии второго порядка:

$$S_2 = S_1 - \delta_2^2 \sum P_2^2(n); \quad (2.33)$$

$$\delta_2 = \frac{\sum y_i p_2(x_i)}{\sum P_2^2(n)}; \quad (2.34)$$

$$p_2(x_i) = x_i^2 - (n+1)x_i \frac{(i+1)(i+2)}{6}; \quad (2.35)$$

$$\sum P_2^2(n) = P_1^2 \frac{(i^2-4)}{15}; \quad (2.36)$$

$$y_2 = y_1 + \delta_2 p_2(x_i); \quad (2.37)$$

для уравнения регрессии третьего порядка:

$$S_3 = S_2 - \delta_3^2 \sum P_3^2(n); \quad (2.38)$$

$$\delta_3 = \frac{\sum y_i p_3(x_i)}{\sum P_3^2(n)}; \quad (2.39)$$

$$p_3(x_i) = x_i^3 - \frac{3(i+1)}{2} x_i^2 \frac{6i^2+15i+11}{10} + \frac{(i+1)(i+2)(i+3)}{20}; \quad (2.40)$$

$$\sum P_3^2(n) = P_2^2(n) \frac{(i^2-9)}{15,15}; \quad (2.41)$$

$$y_3 = y_2 + \delta_3 p_3(x_i); \quad (2.42)$$

По формулам 2.31, 2.36 и 2.41 рассчитывается величина  $\sum P_i^2$ ; по формулам 2.30, 2.35 и 2.40 рассчитаны постоянные коэффициенты, которые использовались в формуле (многочлен Чебышева):

$$M = \sum_{i=1}^i E_i p_i(x_i); \quad (2.43)$$

С использованием величины многочлена Чебышева по формулам 2.29, 2.34 и 2.39 рассчитаны значения постоянных коэффициентов ( $\delta_i$ ), по формулам 2.26, 2.28, 2.33, 2.38 рассчитаны значения суммы квадратов отклонений, а затем, по формуле 2.25 – дисперсия.

Интегральный комплексный показатель для различных видов тканей (И) определяли по формуле:

$$И = \frac{1}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_{3...} \cdot K_n}; \quad (2.44)$$

где:  $K_1 K_2 K_{3...} K_n$  – соответственно, показатели риска, характеризующие надёжность ткани. Показатели риска определяли по критериям Лапласа [53]. Расчет проводился в следующей последовательности. Для каждого значения показателя спецодежды определялся элемент риска отдельно по каждому виду ткани:

$$r_i = E_{(\min)} - E_{\text{изм } i} \quad (2.45)$$

Затем определяли суммарное значение элемента риска по каждому из указанных показателей:

$$K_i = \frac{1}{i} \sum_{i=1}^n r_i; \quad (2.46)$$

где:  $i$  – число испытываемых видов тканей.

## Выводы к разделу 2

1. Изложены методы оценки простых свойств тканей и спецодежды, характеризующих изделие в целом.

2. Разработана методология комплексной оценки эффективности тканей для спецодежды шахтеров на основе установления закономерностей риска поражения горнорабочих ОВПФ. На первом этапе была проведена дифференциальная оценка свойств спецодежды, преобразованная затем в относительные показатели, представляющие функцию двух абсолютных показателей – измеренного и базового. Исследование зависимостей между уровнями ОВПФ, действующими на шахтера до и после защиты спецодеждой, оцениваемых по величине фактора, определяющего вероятность получения микротравмы или пиодермитов, выполнено с использованием корреляционного и многофакторного регрессионного анализа. На следующем этапе для каждого значения фактора определяли элемент риска по каждому защитному свойству с последующей оценкой суммарного значения риска для комплексной оценки спецодежды. Полученный результат позволяет провести сравнительную комплексную оценку нескольких видов тканей и оценить надежность защиты каждой из них определенной зоны. Защита всего тела шахтера рассматривается как сумма защиты различных зон.

### РАЗДЕЛ 3

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ СПЕЦОДЕЖДЫ ШАХТЕРОВ

### 3.1 Особенности комплексного подхода к оценке износостойкости спецодежды шахтерской с учетом уровней ее защиты

Оценка эффективности, применяемой в угольной промышленности спецодежды заключается в выборе изделия, максимально эффективно защищающего работающего от комплекса ОВПФ, характерных для конкретного рабочего места. Сделать такой выбор только на основе проведения дифференциальных оценок свойств спецодежды шахтеров невозможно, поскольку они характеризуются различной величиной сопоставляемых показателей. Следовательно, при проведении подобной оценки необходимо вводить в расчет соотношение значений показателей свойств, что возможно только при проведении комплексной оценки надежности спецодежды - оценки, проводимой по нескольким показателям, максимально характеризующим их защитные свойства. Причем, показатели эксплуатационных свойств тканей должны выступать в качестве базовых, в зависимости от которых должны изменяться величины гигиенических, эргономических и других показателей.

В таблице 3.1 [54] представлена иерархия защитных свойств спецодежды шахтеров, позволяющая детализировать последовательность проведения их комплексной оценки.

Как видно из анализа таблицы 3.1 на самом нижнем, 1-м иерархическом уровне находятся простые защитные свойства спецодежды, измеряемые в абсолютных показателях, которые сами по себе не дают возможность оценить само свойство и его уровень. Формально, для оценки степени защиты спецодежды -  $K_{ij}$  (по  $i$ -ому защитному свойству на уровне -  $j$ ) используются относительные

показатели, представляющие собой функцию двух абсолютных показателей - измеряемого  $P_{ij}$  и принятого за базовый  $P_{ij}^{баз}$ .

Таблица 3.1 – Иерархия защитных свойств спецодежды шахтеров

Уровни	Иерархия защитных свойств спецодежды шахтерской					
4	Комплексная защита					
3	Защита от локального воздействия на анатомо-топографические зоны			Защита от общих и смешанных механизмов воздействия		
2	Защита от механических факторов	Защита от агрессивных и неагрессивных сред	Электророзащита	Защита от воздействий микроклимата	Защита от пыли (пылепроницаемость)	Защита от биологических факторов
1	амортизация	водоупорность	статическое электричество	теплопроводность	пылеемкость	микробная обсемененность
	стойкость к раздиру	водопроницаемость		воздухопроницаемость		
	стойкость к истиранию			масло-стойкость	влагопоглощение	пылепроницаемость
	стойкость к разрыву	влагоемкость				
	стойкость к проколу					

$$K_{ij}=f(P_{ij}; P_{ij}^{баз}) \quad (3.1)$$

В то же время в отличие от  $P_{ij}$ , являющейся величиной постоянной,  $P_{ij}^{баз}$  зависит не только от самого свойства спецодежды, но и выбранного для сравнения эталона. Иными словами, достоверная оценка защитного свойства  $K_{ij}$  от воздействия на работающего производственного фактора напрямую зависит от выбранной для сравнения базы показателей  $P_{ij}^{баз}$ .

Таким образом, оценка спецодежды в целом невозможна без вычисления показателей простых защитных свойств. Непосредственное сведение воедино набора показателей, характеризующих спецодежду шахтеров, затруднительно, поскольку они имеют разную размерность, в связи с чем, необходимо на единой методологической основе перевести все простые свойства из шкал с разными

размерностями в безразмерную шкалу, носящую название трансформации шкал [49].

Следующий, более высокий 2-й уровень заключается в укрупнении простых показателей в группы. На этом уровне можно получить более значимые оценки защитных свойств спецодежды шахтеров. Этот уровень промежуточный, но он позволит уже на 3-м уровне провести оценку защиты шахтера, как от локально действующих на отдельные анатомо-топографические зоны ОВПФ, так и факторов с общим и смешанным механизмом воздействия.

На 4-ом уровне, согласно представленной иерархии, предлагается комплексная оценка защитных свойств спецодежды шахтеров от воздействия совокупности всех факторов на весь организм в целом, т. е., в конечном итоге, оценить степень риска поражения комплексом ОВПФ и эффективность защиты шахтера. Такой подход позволит провести комплексную сравнительную оценку, как традиционно применяемой в отрасли спецодежды, так и вновь разрабатываемой. Комплексная оценка эффективности спецодежды шахтеров, в свою очередь, позволит решить задачу распределения контингента шахтеров по группам со сходными условиями труда для создания системы защиты шахтера от действия ОВПФ и решения задачи унификации спецодежды шахтеров, применяемой на угольных предприятиях.

Существующими нормативными документами, как у нас в стране, так и за рубежом оценка эффективности спецодежды определяется технически и технологически достижимыми параметрами отдельных ее характеристик. Такой подход не позволяет оценить, соответствие данного параметра условиям труда на конкретном рабочем месте, и, как следствие, определить уровень снижения риска воздействия ОВПФ на шахтера. Помимо этого, на рабочих местах, как правило, имеется комплекс ОВПФ, который может изменить характеристику любого свойства спецодежды. В то же время характеристика конкретного защитного свойства рассматривается вне связи с другими производственными факторами. Проводимая оценка отдельных свойств не позволяет сравнить эффективность защитных характеристик спецодежды из различных тканей, применяемых для

защиты при работах в сходных условиях труда, поскольку характеризуются различной величиной сопоставляемых показателей. Так, например, при сравнении двух видов спецодежды, у одного комплекта показатели воздухопроницаемости и истираемости могут быть лучше, чем у второго комплекта, в тоже время по характеристикам водопроницаемости и прочности на разрыв этот комплект хуже. Разработка комплексного подхода в оценке эффективности защитных свойств спецодежды шахтеров позволит решить эти проблемы.

Для решения проблемы оценки степени надежности защиты шахтеров от ОВПФ, в работе необходима поэтапная методика комплексной оценки эффективности спецодежды, позволяющая оценить уровень защиты шахтеров и стать основой для разработки высокоэффективных средств защиты.

Суммарный риск утраты здоровья шахтеров по данным литературных источников определяется по формуле, предложенной рядом авторов [14]:

$$R_c = f\left[\sum_{i=1}^n P_i; P_i(t)\right], \quad (3.2)$$

где:  $P_i, P_i(t)$  - соответственно, интенсивность и время воздействия  $i$ -го ОВПФ на горнорабочего.

Полученное значение риска ( $R_c$ ) использовалась нами для обоснования показателей защитных свойств материалов и конструкций спецодежды, шахтеров, путем сопоставления их со значением снижения риска возникновения утраты здоровья. Указанное снижение риска можно выразить, некоторой функцией, характеризующей их защитные свойства, но только от вектора параметров спецодежды  $\bar{n}_i$ :

$$R_c = f(\bar{n}_i) \quad (3.3)$$

Поскольку обе зависимости - (3.2) и (3.3) выражают риск, их можно сопоставить и далее судить об эффективности спецодежды, применяемой от воздействия комплекса ОВПФ от которых она может защищать (таблица 1.1).

Снижение риска воздействия ОВПФ на здоровье шахтера решалось путем применения спецодежды шахтеров (формула 3.3). В связи с этим каждый

определяемый показатель ОВПФ преобразовывался в требование к конкретному защитному свойству (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Номенклатура факторов шахтной среды, чье воздействие может регулироваться спецодеждой шахтеров

Номенклатура факторов	Характер воздействия	Показатели защитных свойств материалов и конструкций
удар	механическая энергия	механическая прочность, Н амортизация материала и конструкции, %
трение	сила трения	стойкость к истиранию, циклов
прокол	прокалывание	стойкость к проколу, Н/см
пыль	концентрация пыли в воздухе	пылепроницаемость, г/м <sup>2</sup> , пылеемкость г/см <sup>2</sup> .
температура понижения	усиленная теплоотдача	теплопроводность, Вт/мК
температура повышения	задержка теплоотдачи	воздухопроницаемость, дм <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> с
влажность	влагопоглощение	влагоотдача, %
скорость движения воздуха при пониженной или повышенной температуре	скорость охлаждения пододежного пространства по кататермометру	воздухопроницаемость, дм <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> с
местная вибрация	колебательная скорость	вибропоглощение, %
статическое электричество	напряженность электростатического поля	поверхностное электросопротивление, Ом
вода, агрессивные жидкости (водомасляные эмульсии, диэлектрические жидкости и др.)	намокаемость	водоупорность, мм.вод.ст.
масла	засаливание ткани и кожных покровов	маслостойкость, балл
патогенные организмы	концентрация микроорганизмов	микробная проницаемость, %

Для оценки способа защиты определялся механизм воздействия ОВПФ на шахтера (локальный, смешанный или общий). В основу принципа локальной защиты положен учет специфики воздействия различных ОВПФ на отдельные участки тела шахтера с учетом пространственной ориентации во время работы. По данным литературы выделяют 18 зон [14] представленных на рисунке 3.1.



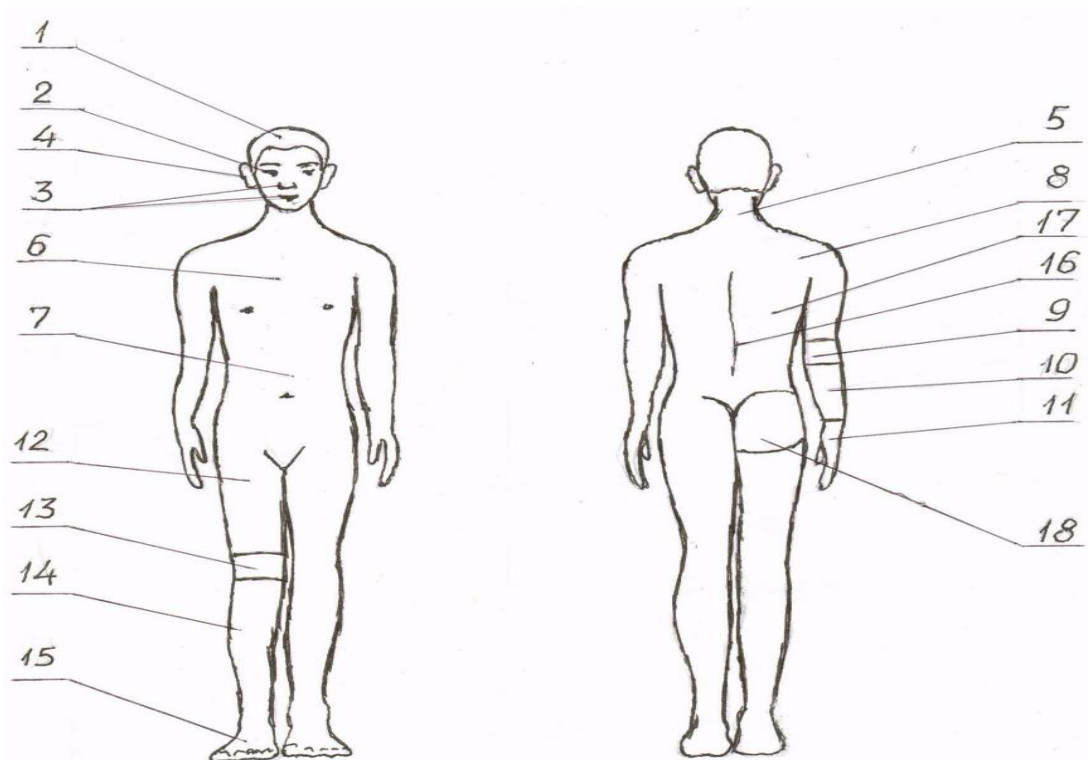


Рисунок 3.1 – Разбиение поверхности тела горнорабочего на анатомо-топографические зоны:

1 – голова (волосистая часть); 2 – глаза; 3 – органы дыхания; 4 – органы слуха; 5 – шея; 6 – грудь; 7 – живот; 8 – плечо; 9 – локоть; 10 – предплечье; 11 – кисть; 12 – бедро; 13 – колено; 14 – голень; 15 – стопа; 16 – позвоночник; 17 – спина; 18 – таз (ягодица).

Для конструкции спецодежды шахтерской, защищающей определенную зону тела шахтера обосновывались требования к необходимому набору защитных свойств, предъявляемых к усилительным накладкам, снижающим действие фактора и проводилась дифференциальная оценка каждого свойства, позволяющая укрупнять полученные экспериментальным путем показатели.

Существующие подходы в оценке влияния производственных факторов на организм горнорабочего рассматривались нами с учетом характера их воздействия на анатомо-функциональные особенности организма, которые определяют топографию воздействия факторов на тело человека. Особенно важно это для характеристики локальных и смешанных факторов (таблица 3.1).

Поскольку участок тела совершенно однороден, как по пространственной ориентации, так и по анатомо-функциональным характеристикам, решение вопроса о рациональной защите приобретает необходимую однозначность. Следует отметить, что с точки зрения проектирования спецодежды шахтеров, реализация защиты зоны тела человека по комплексу воздействующих факторов сведена к подбору материалов и конструкций с набором необходимых физико-механических параметров. При таком подходе эффективная защита шахтера в целом рассматривается как сумма необходимой защиты отдельных зон. Традиционно же, эта проблема решалась по-иному. Требования, например, к конструкции спецодежды фактически никогда не формулировались и подменялись описанием какой-либо модели, подходящей к данному случаю. При формулировании требований к необходимой защите отдельных зон фактически получаем обоснованные требования к конструкции спецодежды, не подменяя компетенцию конструктора.

Таким образом, в основу принципа локальной защиты был положен учет специфики воздействия различных ОВПФ на отдельные участки тела шахтера и проведено распределение поверхности их тела на зоны с учетом пространственной ориентации во время работы, что позволило обосновать требования к зональной защите организма от воздействия ОВПФ.

Результатами исследований, проведенных на ряде угольных предприятий г. Макеевки, установлено, что воздействие факторов производственной среды на указанные зоны неодинаково и обусловлено вынужденными рабочими позами горнорабочих, которые они принимают при выполнении производственных операций. В качестве основных факторов, определяющих механические воздействия на анатомо-топографические зоны тела шахтеров основных профессий, мы исследовали продолжительность работы в вынужденных позах (таблица 3.3)

Требования к уровням необходимой зональной защиты тела горнорабочих от механических и биологических факторов установлены на основе проведения кластерного анализа или таксономии, при котором анатомо-топографические зоны

тела шахтеров различных профессий оценивались по показателям микротравм и пиодермитов, что позволило определить степень сходности воздействия на них ОВПФ для объединения в более или менее однородные группы.

Таблица 3.3 – Продолжительность механических воздействий на тело шахтеров основных профессий в зависимости от мощности пласта и относительного времени работы в вынужденных рабочих позах

Рабочие позы, обусловленные выполнением производственных операций	Высота рабочей позы, м	Время работы в вынужденных позах ко всему рабочему времени (%) горнорабочих основных профессий				
		ГРОЗ	проходчик	электрослесарь	машинист электровоза	доставщик-такелажник
Стоя согнувшись или выпрямившись	1,6-1,68	0	72,2	31,2	20,2	53,6
На коленях: с опорой на кисти или пятки, согнувшись	0,6-1,2	71,8	4,9	39,9	10,3	41,3
На корточках	1,1	0	5,0	23,5	0	5,1
Сидя за пультом управления	1,4	0	17,9	0	69,5	0
Опора на бедро и голень	0,82-1,08	11,6	0	0	0	0
Лежа на боку и животе	0,42-0,44	16,6	0	5,4	0	0

Получены четыре кластера анатомо-топографических зон тела профессиональных групп и установлены требования к уровню их защиты (таблица 3.4).

Таблица 3.4 – Результаты таксономии анатомо-топографических зон тела горнорабочих

Профессия	Анатомо-топографические зоны	Показатель пораженности пиодермитами и травмами на 100 см <sup>2</sup> площади зоны.	
		Пиодермиты	Микротравмы
1	2	3	4
Таксон I			
Проходчики	плечо	0,49	0,18
	таз	0,25	0

1	2	3	4
Проходчики	спина	0,20	0,23
ВШТ	спина	0	0
	плечо	0,09	0
	таз	0,25	0
	бедро	0,55	0
	голень	0,40	0,12
Прочие добычных участков	грудь	0,10	0,07
	живот	0,20	0
	спина	0,07	0
	плечо	0,18	0
	таз	0,25	0
	бедро	0,10	0,05
	голень	0,50	0,06
Прочие подземные рабочие	грудь	0,06	0
	живот	0,30	0
	спина	0,03	0,04
	плечо	0,18	0
	локт. сустав	0	0
	таз	0,25	0
	бедро	0,20	0
	голень	0,20	0,18
Таксон 2			
ГРОЗ	живот	1,20	0,07
	спина	0,53	0,46
	таз	0,60	0
	бедро	1,80	0,23
Проходчики	живот	0,86	0
	бедро	0,60	0,23
	голень	2,10	1,24
ВШТ	живот	0,66	0
	предплечье	1,40	0,13
	предплечье	1,00	0,13
	локтев.суст.	0,80	0
	колен.суст.	0,98	0,17
	Прочие подземные рабочие	предплечье	1,30
	колен. суст.	0,65	0,33
Таксон 3			
ГРОЗ	грудь	0,50	0,13
	плечо	0,49	0,40
	спина	0	0,21
Проходчики	грудь	0,20	0,07
	локт. суст.	1,25	1,75
	стопа	0,74	1,80

1	2	3	4
ВШТ	грудь	0,30	0
	локт. суст.	0	0,43
	колен. суст.	0,65	0,17
Таксон 4			
ГРОЗ	предплечье	6,70	1,50
	локт. сустав	6,10	0,45
	колен. сустав	19,65	0,85
	голень	4,20	1,00
	позвоночник	7,72	0,27
Проходчики	предплечье	5,00	1,15
	колен. сустав	3,95	1,50

Зависимости, устанавливающие степень защиты шахтеров от комплекса ОВПФ, посредством применения спецодежды шахтеров оценивались по показателям профессионального риска в следующей последовательности. Были получены уравнения регрессии, определяющие зависимости между ОВПФ, действующими на шахтера до и после защиты спецодеждой. Значение постоянных коэффициентов устанавливалось методом наименьших квадратов по данным сопоставления факторов до и после защиты спецодеждой шахтерской (расчеты приведены во втором разделе). Для установления видов функциональной зависимости применен метод с использованием полинома Чебышева. При этом принимался такой вид уравнения, при котором дисперсия была минимальной. Расчеты проводились на компьютере в программе Excel 2010 в следующей последовательности. Для каждого значения фактора определялся элемент риска отдельно по каждому показателю, характеризующему защитное свойство спецодежды шахтеров по формуле 2.45. Затем определялось суммарное значение элементов риска для спецодежды в целом по критериям Лапласа [53] (уровень защиты конкретной спецодежды определенной анатомо-топографической зоны) по формуле 2.46.

Полученный результат позволяет провести сравнительную комплексную оценку спецодежды из нескольких тканей и оценить надежность защиты каждой из них определенной зоны. Защита всего тела шахтера рассматривается как сумма защиты различных зон.

### **3.2 Исследование показателей простых защитных свойств тканей, применяющихся для изготовления спецодежды шахтерской**

Как уже было сказано в подразделе 3.1, комплексная оценка эффективности спецодежды шахтеров невозможна без определения номенклатуры показателей простых защитных свойств тканей и исследования их характеристик. Нами были проведены теоретические и экспериментальные исследования физико-механических свойств тканей, которые применяются или планируются к применению в угольной промышленности, и получены необходимые параметры, позволяющие сформировать группу показателей, которые можно применить при оценке свойств изделия в целом. Исследовались ткани из натуральных волокон и с добавкой к ним в различных процентных соотношениях синтетических волокон. Результаты исследования приведены ниже в сравнении.

Вес тканей является одним из важных показателей, характеризующих эксплуатационные, гигиенические и эргономические свойства и зависит от плотности нитей, их толщины (номера), отделки и многих других факторов [55]. Вес ткани имеет большое значение с гигиенической точки зрения, поскольку работа в спецодежде из тканей с большим весом сопровождается напряжением терморегуляции; при этом увеличивается утомляемость работающих и ухудшается их самочувствие. В связи с этим, вопрос снижения веса материалов, предназначенных для спецодежды шахтеров, является весьма актуальным. Вместе с тем известно, что рост прочностных свойств тканей неизбежно связан с увеличением их веса.

Натуральные ткани, в большинстве своем, обладают значительным весом. Проведенные в рамках настоящей работы лабораторные исследования различных тканей, позволили установить, что вес 1 м<sup>2</sup> тканей (г) без добавок синтетических волокон колеблется от 484,3 до 567,4 (M=548,7), а тканей с добавками синтетических волокон от 248,0 до 397,2 (M=280,8). Следовательно, решить задачу увеличения показателей прочности спецодежды и снижения веса тканей, что

является весьма важным для шахтерской спецодежды, возможно за счет применения тканей из синтетических материалов, прочность которых во много раз выше, чем у натуральных волокон [56]. В то же время применение в шахте спецодежды из этих тканей проблематично из-за накопления на текстильных изделиях и теле человека статического электричества, что при высоких концентрациях метана в выработке может привести к взрывам и пожарам от искровых разрядов. По данным экспериментальных исследований, ткани, созданные на основе полиэфирных волокон (арт. 11227, арт. 11224, арт. 3510 и др.) имеют удельное поверхностное электрическое сопротивление  $10^{11}$ - $10^{12}$  Ом, что примерно в 1000 раз превышает допустимый уровень для спецодежды горнорабочих. Ткани сильно электризуются, накапливаемые заряды превышают 2,5-3,0 кВ. Поэтому необходимо ограничивать процент содержания синтетических волокон в структуре тканей, предназначенных для спецодежды шахтеров до безопасных величин.

Толщина тканей непосредственно влияет на тепловые свойства спецодежды – чем толще последняя, тем при прочих равных условиях выше ее теплоизолирующие свойства. Этот показатель коррелирует с показателем веса ткани. Поэтому, применение слишком толстых тканей носит весьма ограниченный характер из-за плохих эргономических показателей, т. к. работать в тяжелой и грубой спецодежде весьма неудобно. А в связи с тем, что в выработках шахт, находящихся на территории ДНР, температура температуры довольно высокие, ограничение их применения вызвано и этим показателем.

Толщина (мм.) исследованных тканей без добавок синтетических волокон колеблется от 0,756 до 0,946 ( $M = 0,860$ ), а тканей с добавками синтетических волокон - от 0,558 до 0,853 ( $M = 0,760$ ). Следовательно, ткани с добавками синтетических волокон имеют, как правило, меньшую толщину.

Вес и толщина ткани определяют один из важнейших её гигиенических показателей - объемный вес. Объемный вес ткани определяется соотношением плотных веществ и воздуха. Причем, чем меньше плотных веществ и, соответственно, больше воздуха, тем меньше объемный вес, что, в свою очередь,

приводит к снижению веса спецодежды даже в тех случаях, когда ткань имеет значительную толщину.

Объемный вес ( $\text{г/см}^3$ ) исследованных тканей без добавок синтетических волокон колеблется от 0,510 до 0,747 ( $M=0,652$ ), а с добавками синтетических волокон – от 0,458 до 0,701 ( $M=0,598$ ). Следовательно, ткани с синтетическими волокнами имеют несколько меньший объемный вес.

Пористость материалов одежды оказывает большое влияние на их плотность (объемный вес), теплопроводность, проницаемость и гигиеничность. Пористость материалов одежды зависит от вида волокнистого материала, структуры пряжи, плотности и переплетения ткани, характера ее отделки и других факторов. Пористость (%) исследованных нами тканей без синтетических волокон колеблется от 48,9 до 66,4 ( $M=56,0$ ), а тканей с добавками синтетических волокон – от 51,8 до 66,1 ( $M=58,8$ ), т. е., синтетические добавки практически не влияют на данный показатель.

Жесткость ( $\text{г/см}^2$ ) тканей без синтетических волокон колеблется от 83,2 до 0,66 ( $M=37,07$ ) по основе и от 27,6 до 1,2 ( $M=15,9$ ) по утку. Для тканей с синтетическими волокнами – соответственно от 30,0 до 0,5 ( $M=6,54$ ) по основе и от 13,5 до 3,1 ( $M=9,83$ ) по утку. Следовательно, жесткость тканей с синтетическими волокнами по основе и утку значительно меньше, чем у тканей из натуральных волокон, что позволяет улучшать гигиенические характеристики смешанных тканей.

Прочность ткани на разрыв ( $N$ ) является важным ее свойством, характеризующим эксплуатационные свойства ткани. Прочность на разрыв полоски 50x200 мм исследованных тканей из натуральных волокон колеблется от 91,8 до 210,6 ( $M=170,1$ ) по основе и от 84,3 до 110,6 ( $M=101,0$ ) по утку; для тканей с добавками синтетических волокон – соответственно от 83,9 до 229,0 ( $M=154,2$ ) по основе и от 40,4 до 172,8 ( $M=109,2$ ) по утку. Т. о., синтетические добавки практически не влияют на данный показатель. Однако, характеризовать показатель прочности ткани на разрыв в подобном аспекте не совсем корректно, поскольку при существующем общепринятом способе определения прочности ткани на



разрыв в равных условиях находятся ткани разной толщины, плотности, волокнистого состава, удельного веса, переплетения и т.д. Поэтому целесообразно для сравнения использовать другой показатель, который бы в какой-то мере учитывал указанные отличия тканей. В качестве такого показателя может быть предложена удельная прочность ( $P_{уд}$ ), которая характеризуется нагрузкой ( $H$ ), приходящейся на единицу площади поперечного сечения образца ( $mm^2$ ). Учитывая, что при испытаниях на разрыв ширина полоски составляет 50 мм, удельная прочность определялась по результатам экспериментальных данных по формуле:

$$P_{уд} = \frac{P}{5\delta} \quad (3.4)$$

где:  $P$ - прочность на разрыв по основе,  $H$ ,

$\delta$ - толщина ткани, мм.

Значение  $P_{уд}$ , вычисленные по этой формуле для разрывной прочности по основе, приведены в таблице 3.5, в которой помимо необходимых величин указано также процентное содержание синтетических волокон в ткани.

Таблица 3.5 – Зависимости удельной прочности от толщины для тканей без синтетических волокон и с их добавками в процентных соотношениях.

Артикул ткани	$P$ , $H$	$\delta$ , мм	$P_{уд}$ , $H$	% синтетических волокон
11121	142	0,84	338	8 к/шт.
11119	163	0,83	412	-
11110	173	0,82	419	-
11104	205	0,74	567	-
11201	179	0,87	415	-
11206	167	0,89	380	-
11217	214	0,88	480	-
11224	233	0,83	561	10 к
1072	213	0,85	513	33 л/шт.
1073	215	0,70	618	37 к
1074	119	0,80	297	15 к/шт.
3293	120	0,86	280	15 к/шт.
3251	83	0,55	301	15 к/шт.
3289	90	0,96	188	-
3245	109	0,68	321	15 к/шт.

Приведенные в таблице 3.5 и на рисунке 3.2 данные показывают, что введение в ткань штапельных волокон капрона или лавсана (8-33%) не только не приводит к увеличению удельной прочности на разрыв, но наоборот, снижает ее, что видно при сравнении кривых (1) и (2). В то же время введение в структуру ткани скрученных волокон капрона (10 и 37%) приводит к резкому повышению удельной прочности на разрыв.

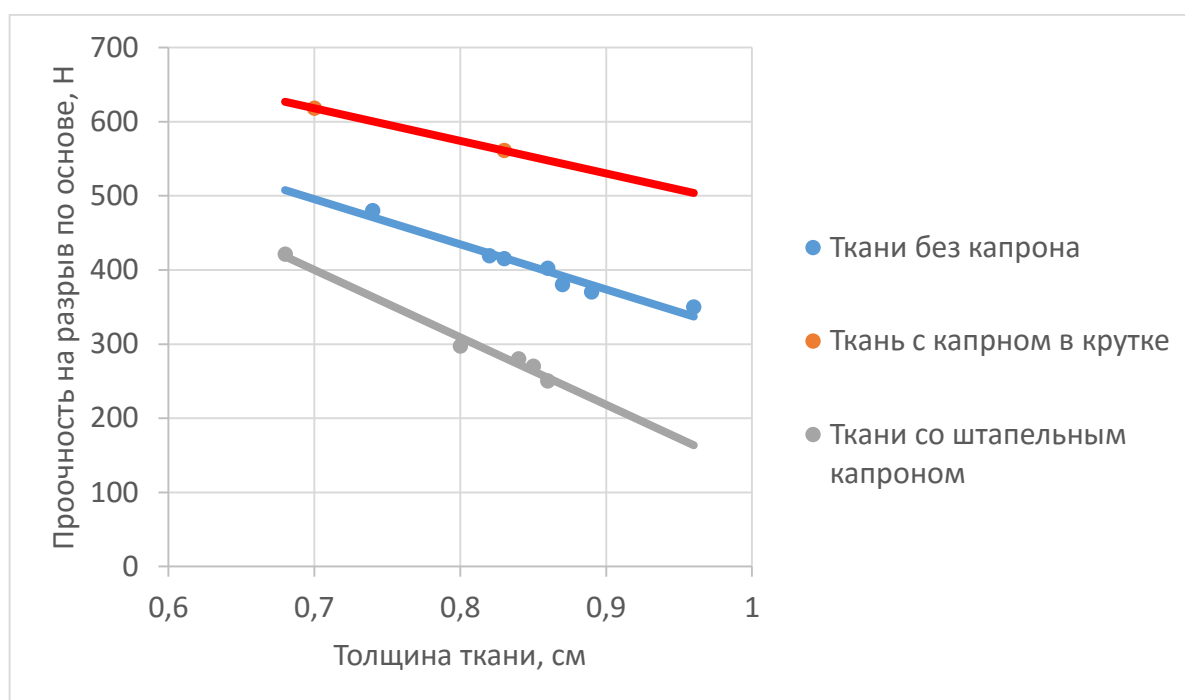


Рисунок 3.2 – Зависимость удельной прочности на разрыв (по основе) от толщины тканей.

Учесть влияние введения в ткань синтетических волокон на прочность можно несколько иным путем, получив значение  $P_{уд}$  как отношение  $P$  к расчетной площади сечения образца. При этом принимается идеализированная схема строения ткани (рисунок 3.3).

В этом случае площадь сечения образца будет:

$$S=nd \cdot d=nd^2 \quad (3.5)$$

где:  $n$  – число нитей (по основе) на ширине 50 мм;

$d$  – диаметр нити.

Тогда:

$$P_{уд}=P/nd^2 \quad (3.6)$$

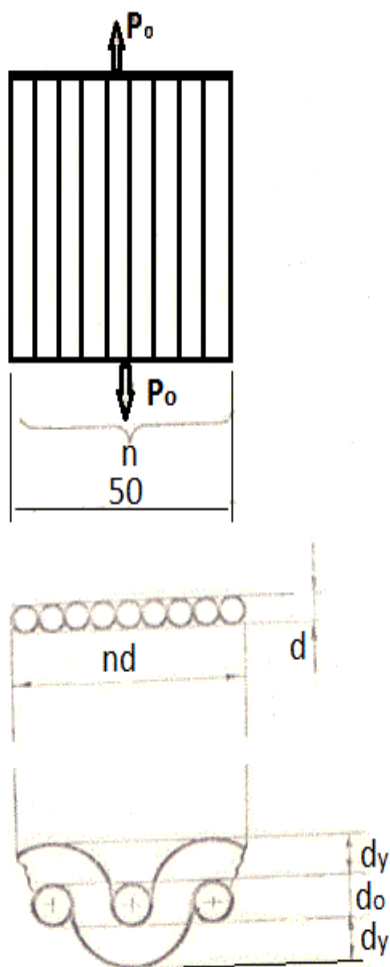


Рисунок 3.3 – Схема для расчета удельной прочности тканей.

Число нитей ( $n$ ) по основе на ширине 50 мм равно половине величины плотности ткани ( $\Pi_0$ ), а диаметр нити ( $d$ ) связан с ее номером ( $N$ ) и объемным весом ( $\beta$ ) [57] соотношением:

$$d = \frac{1.13}{\sqrt{N\beta}} \quad (3.7)$$

Следовательно:

$$P_{уд} = 1,56 \frac{PN\beta}{\Pi_0} \quad (3.8)$$

Принимая коэффициент заполнения сечения ткани равным 0,9, получим:

$$P_{уд} = 140 \frac{PN\beta}{\Pi_0}, \text{ Н} \quad (3.9)$$

В действительности толщина ткани не равна диаметру нити основы, как это предполагалось при вычислении площади поперечного сечения образца

идеализированной ткани. При переплетении основные и уточные нити взаимно изгибают друг друга, в результате чего получают волнообразное расположение (рисунок 3.3). Учитывая это, в другом крайнем случае толщина ткани может быть равна или  $(d_o+2d_y)$  или  $(2d_o+d_y)$ , где  $d_o$ -диаметр нити основы, а  $d_y$ -диаметр нити утка. Принимая для упрощения  $d_o=d_y$ , получим в этом случае  $\delta=3d$  и тогда

$$P_{уд}=45\frac{PN\beta}{\Pi_o} \quad (3.10)$$

В таблице 3.6 приведены значения удельной прочности на разрыв, вычисленные по формулам (3.5), (3.8) и (3.9).

Таблица 3.6 – Расчет удельной прочности тканей на разрыв

Артикул ткани	Значение удельной прочности $P_{уд}$ по формулам		
	$P_{уд}=45\frac{PN\beta}{\Pi_o}$	$P_{уд}=\frac{P}{5\delta}$	$P_{уд}=140\frac{PN\beta}{\Pi_o}$
3289	123	188	370
3293	127	280	380
3251	135	301	406
11121	140	338	421
3245	145	321	434
11119	148	412	444
11206	159	380	477
1074	166	297	497
11201	169	415	506
11110	171	419	513
11217	198	480	595
1072	245	513	734
11104	246	567	739
11224	460	561	1380
1073	543	618	1628

Как видно из приведенных данных, результаты эксперимента во всех случаях находятся внутри интервала, установленного путем предложенного метода расчета. Степень экспериментальных данных к той или другой границе указанного интервала определялась комплексом факторов, характеризующих ткань.

В результате экспериментальных исследований было установлено, что прочность раздиру (Н) исследованных тканей с синтетическими волокнами несколько ниже ( $M=13,0$ ), чем у тканей из натуральных волокон ( $M=16,3$ ).

Стойкость к истиранию является важным эксплуатационным свойством ткани, определяющим длительность носки спецодежды из конкретной ткани без восстановительного ремонта. Стойкость ткани к истиранию зависит от строения поверхности ткани, ее толщины и сопротивления волокон трению. Для шахтерской спецодежды это свойство ткани является едва ли не решающим. Стойкость к истиранию (в циклах) исследованных тканей без синтетических волокон колеблется от 735 до 1839 ( $M=1323$ ), а тканей с добавками синтетических волокон – от 335 до 2202 ( $M=1539$ ). Следовательно, по этому свойству ткани с синтетическими волокнами имеют некоторое преимущество.

Гигроскопичность тканей характеризует их способность поглощать водяные пары из окружающей среды и отдавать их при высушивании. У исследованных тканей гигроскопичность (%) колеблется от 1,914 до 1,59 ( $M=1,77$ ) для тканей из натуральных волокон и от 1,99 до 1,1 ( $M=1,54$ ) для смешанных тканей. Следовательно, ткани из натуральных волокон обладают несколько большей гигроскопичностью.

Исследование процессов влагоотдачи (%) показало, что у тканей с синтетическими волокнами показатели выше, чем у тканей из натуральных волокон, что говорит о более комфортных гигиенических свойствах ткани. Для смешанных тканей влагоотдача колеблется от 10,4 до 19,5 ( $M=15,3$ ), а для натуральных – от 11,4 до 13,4 ( $M=12,2$ ).

Водоупорность ткани является одним из важнейших свойств, определяющих защитные качества спецодежды шахтеров. Чем выше водоупорность ткани, тем выше водозащитные свойства спецодежды. В этом отношении ткани с добавками синтетических волокон уступают тканям из натуральных волокон. Водоупорность тканей (мм.вод.ст.) без добавки синтетических волокон колеблется от 21,8 до 53,2 ( $M=36,2$ ), а тканей с добавками синтетических волокон – от 20,6 до 39,2 ( $M=27,0$ ).

Водопоглощаемость ткани (%) характеризует количество поглощенной тканью воды при непосредственном и полном погружении ее в воду. Водопоглощаемость тканей из натуральных волокон колеблется от 85,6 до 71,4 ( $M=76,5$ ), а тканей с добавками синтетических волокон – от 148,4 до 56,5 ( $M=86,9$ ).

Следовательно, водопоглощаемость тканей с добавками синтетических волокон выше, и они уступают по данному показателю натуральным тканям.

Спецодежда шахтеров при ее эксплуатации в подземных выработках угольных шахт подвергается комплексному воздействию многих факторов, в частности совместному воздействию воды и трения. Т. е., в данном случае речь идет об оценке водоупорности при мокром трении и дождевании. Как отмечают В.Я. Давыдов и О.К. Краузе [58], существующие методы оценки водозащитных свойств тканей дают возможность оценить действие воды только в статическом состоянии, между тем, как в реальных условиях спецодежда, как правило, подвергается динамическому воздействию воды. Рядом авторов были предложены методики комплексной оценки водоотталкивающих хлопчатобумажных тканей, применяемых для спецодежды [58]. По этим методикам были исследованы все ткани, применяющиеся для шахтерской спецодежды, независимо от их волокнистого состава, на водоупорность при дождевании и водоупорность при мокром трении. Водоупорность при мокром трении тканей без синтетических волокон (мин.) колеблется от 51,4 до 60,0 ( $M=57,8$ ), а тканей с добавками синтетических волокон – соответственно от 1,8 до 60 ( $M=45,4$ ). Следовательно, устойчивость к мокрому трению больше у тканей без синтетических волокон. Водоупорность при дождевании (оценивается в % привеса) у тканей без синтетических волокон колеблется от 50,1 до 37,1 ( $M=40,1$ ), а у тканей с добавками синтетических волокон – от 43,2 до 24,7 ( $M=37,3$ ). Следовательно, в этом отношении ткани с синтетическими волокнами имеют некоторые преимущества.

Высушиваемость тканей из натуральных волокон (2,22 ч) несколько ниже, чем тканей с синтетическими волокнами (2,50 ч). Время высушиваемости определялось на образцах размером 5 см<sup>2</sup> с помощью квадранта. Образцы выдерживались в течение суток в воде, затем подвешивались на квадрант и фиксировалось время, в течение которого влажный образец высыхал до постоянного веса.

Исследованиями, проведенными в МакНИИ [59] установлено, что показатели паропроницаемости тканей должны быть подобраны таким образом, чтобы при

работе в одежде из этих тканей наиболее эффективно осуществлялось удаление влаги из пододежного пространства и испарение пота с поверхности кожи. При исследовании нами паропроницаемости некоторых тканей для спецодежды было установлено, что их относительная паропроницаемость колеблется в пределах от 56 до 69%, причем не было установлено достоверной разницы паропроницаемости тканей из натуральных волокон и тканей с добавками синтетических волокон. Следует согласиться с В.И. Гичагиным и Р.Ф. Афанасьевой [60], которые указывают, что при определении паропроницаемости тканей на приборах, где ткань помещается над водой с наличием между ними воздушной прослойки, фактически измеряется не паропроницаемость тканей, а паропроницаемость системы (воздух-ткань-воздух). Так как сопротивление большинства текстильных материалов значительно меньше, чем сопротивление воздуха, окружающего ткань, то различие между тканями сглаживается и установить истинную паропроницаемость тканей не удастся.

Воздухопроницаемость материалов одежды, оказывает значительное влияние на их тепловое сопротивление, которое падает с увеличением воздухопроницаемости. В этом отношении воздухопроницаемость теплозащитной одежды является отрицательным фактором, снижающим тепловое сопротивление одежды. Однако, воздухопроницаемость тканей обеспечивает в условиях эксплуатации спецодежды естественную вентиляцию пододежного пространства, что является положительным качеством, имеющим важное гигиеническое значение.

Разнообразные микроклиматические условия подземных выработок угольных шахт, обусловленные горно-геологическими факторами [61], требуют дифференцированного подхода к оценке воздухопроницаемости тканей для шахтерской спецодежды. Поэтому общий подход, принятый при оценке и сравнении свойств тканей из натуральных волокон и тканей с синтетическими волокнами, в данном случае неприменим.

В работе МакНИИ [62] утверждается, что рациональной величиной воздухопроницаемости для тканей шахтерской спецодежды является  $20 \text{ л/м}^2\text{сек}$ ,

т.к. эта величина удовлетворяет различным микроклиматическим условиям подземных выработок угольных шахт. Очевидно, отступление от этой величины как в одну, так и в другую сторону при сравнительной оценке тканей должны быть признаны в равной степени нежелательными. Таким образом, сравнительная оценка воздухопроницаемости исследованных тканей должна производиться по разности между фактическим значением воздухопроницаемости данной ткани и условно принятой величиной 20 дм/м<sup>2</sup>с. При таком способе оценки средняя величина отклонений тканей с синтетическими волокнами (19,2) больше, чем у тканей из натуральных волокон (13,9). Следовательно, введение в структуру натуральных тканей синтетических волокон ухудшает их воздухопроницаемость.

Тепловое сопротивление ткани характеризует ее теплозащитные свойства. Чем больше тепловое сопротивление материала, тем выше его теплоизоляционные свойства. Установлено, что толщина ткани является одним из главных факторов, влияющих на тепловое сопротивление одежды, о чем упоминалось выше, независимо от ее волокнистого состава и плотности. Наши исследования показали, что с увеличением толщины материалов спецодежды пропорционально возрастает и их тепловое сопротивление, что подтверждается рядом авторов [63]. В результате проведенных исследований установлено, что для тканей без синтетических волокон оно колеблется (м<sup>2</sup>час град/ккал) от 0,0007 до 0,0116 (M=0,0089), а для тканей с синтетическими волокнами – от 0,0062 до 0,0110 (M=0,0089). Следовательно, введение в ткань синтетических волокон не приводит к изменению их теплового сопротивления.

Усадка тканей имеет существенное значение для качества спецодежды и является важным свойством, определяющим поведение готового изделия в носке. Изменение размеров одежды в процессе ее эксплуатации делает одежду непригодной к носке даже в тех случаях, когда она остается целой и неповрежденной.

Исследованиями на тканях различного состава, проведенными рядом авторов [64] установлено, что в результате многократных стирок, кроме изменения размеров изделий, изменяется также и их прочность, причем весьма значительно



(падение прочности от 7,8 до 37%). Отмечается также и изменение внешнего вида изделий. Однако, в литературе имеются данные [65] о том, что ткани, содержащие небольшое количество (до 50%) капрона и лавсана, имеют обычно малую усадку. Для установления фактических величин усадки тканей при многократных стирках, а также для определения изменения некоторых физико-механических показателей при воздействии стирки, в рамках настоящей работы были проведены исследования, результаты которых приведены в таблицах 3.7. и 3.8.

Имеющиеся данные о специфике усадки и брезентовых тканей весьма противоречивы. Л.Н. Дроздов [66] считает большую усадку отличительной особенностью и существенным недостатком хлопчатобумажных тканей; в тоже время другие авторы [67] приписывают эти особенности льняным тканям.

Можно отметить, что для исследованных тканей существенной разницы в усадке после первой стирки не установлено – как льняные, так и хлопчатобумажные ткани имеют усадку в одинаковых пределах (6,2-12,7%); исключение составляют ткани обр.1073 и обр. 1074, у которых эта величина составляет 2,9%. Имеются, однако, более важные выводы. Результаты исследования усадки применяющихся тканей убедительно свидетельствуют о недопустимо большой ее величине уже после первой стирки; это приводит к тому, что шахтерская спецодежда резко изменяет свои размеры и становится непригодной для дальнейшей носки.

Не менее важно установленное дальнейшее увеличение усадки тканей при многократных стирках. Как видно из таблицы 3.7, процесс усадки продолжается до 4-й, а иногда и до 5-й стирки, после которой усадка тканей, как правило, стабилизируется и после 7-й стирки достигает для большинства тканей величины 10,4-18,1% (за исключением ткани обр.1074, которая дает усадку после 7-й стирки только 5,1%).

Установленная на основании опытных данных зависимость усадки от многократных стирок (кривые на рисунке 3.4) может быть выражена эмпирической формулой:

Таблица 3.7 – Усадка тканей после стирки (%)

Артикул ткани	I		II		III		IV		V		VI		VII	
	основа	уток	основа	уток	основа	уток	основа	уток	основа	уток	основа	уток	основа	уток
11104	10,7±0,4	1,4±0,08	13,1±0,4	2,7±0,1	15,3±0,4	3,7±0,1	15,7±0,3	4,2±0,1	15,6±0,25	4,3±0,1	14,9±0,2	4,2±0,08	14,9±0,2	4,2±0,2
11206	9,2±0,25	1,2±0,1	11,2±0,2	2,1±0,2	11,75±0,2	2,03±0,1	12,1±0,2	2,04±0,1	12,3±0,25	2,65±0,2	12,5±0,2	2,7±0,2	11,9±0,2	2,75±0,1
11201	10,6±0,4	0,3±0,03	14,1±0,3	0,54±0,05	14,0±0,2	0,5±0,08	14,5±0,3	0,5±0,08	15,44±0,25	0,85±0,04	15,2±0,58	0,83±0,08	15,58±0,17	0,95±0,07
11224	7,7±0,2	1,34±0,08	10,1±0,2	2,4±0,1	10,4±0,2	2,8±0,1	10,9±0,3	2,85±0,1	11,2±0,3	3,1±0,2	11,7±0,4	3,2±0,15	12,2±0,3	3,8±0,1
обр. 1073	2,9±0,3	3,96±0,5	4,1±0,3	3,8±0,4	5,5±0,25	4,84±0,4	5,7±0,4	4,99±0,4	6,2±0,4	5,5±0,4	7,2±0,3	6,6±0,4	6,9±0,3	6,6±0,1
обр. 1074	2,9±0,2	2,2±0,2	4,4±0,2	3,4±0,2	4,7±0,2	4,2±0,2	4,7±0,2	4,1±0,2	5,1±0,2	4,4±0,3	5,2±0,2	4,8±0,2	5,1±0,2	5,1±0,3
3251	11,0±0,3	-2,0±0,1	13,0±0,12	-1,61± 0,15	13,13± 0,22	-1,66± 0,1	14,4± 0,25	-1,45± 0,14	15,1±0,28	-1,4±0,09	15,35± 0,76	-1,3±0,13	16,2±0,3	1,19±0,1
3245	9,96±0,2	1,3±0,09	11,5±0,12	2,13±0,13	12,19± 0,08	2,15± 0,09	13,14± 0,05	2,61± 0,16	13,21±0,11	2,67±0,17	13,57± 0,12	2,57±0,19	14,3±0,09	2,8±0,1

Таблица 3.8 – Изменение физико-механических показателей тканей при воздействии стирки

Артикул ткани	До стирки				После VII стирки			
	Прочность на разрыв полоски 50x200 мм, кгс		Водоупорность, мм.вод.ст.	Воздухо- проницаемость, дм/м <sup>2</sup> с	Прочность на разрыв полоски 50x200 мм, кгс		Водоупорность, мм.вод.ст.	Воздухопроница- емость, дм/м <sup>2</sup> с
	основа	уток			основа	уток		
11104	205,0±2,9	82,5±0,9	23,3±0,3	22,6±0,7	177,8±4,58	62,5±3,45	10,0±1,3	48,8±3,7
11206	167,0±1,64	101,0±1,35	52,0±1,63	4,5±0,006	148,3±3,85	88,4±3,05	26,4±3,5	9,0±0,3
11201	179,0±1,9	116,0±2,6	39,7±0,77	12,3±0,31	146,3±6,5	101,0±7,1	20,0±2,1	27,9±1,9
11224	232,8±1,9	139,5±2,6	19,7±0,12	40,2±1,1	181,0±5,6	118,0±2,0	10,0±1,6	33,2±1,23
обр. 1073	214,6±2,5	167,8±6,2	22,3±0,98	13,7±0,3	204,1±2,6	152,0±2,5	14,0±1,7	10,4±0,42
обр. 1074	118,6±2,0	181,4±4,3	35,9±0,75	6,4±0,2	112,5±2,4	141,9±2,0	13,5±2,2	7,3±0,26
3251	82,8±0,56	36,6±1,92	20,2±0,58	42,9±0,4	61,4±1,8	44,9±1,4	4,33±0,45	51,0±0,9
3245	109,1±1,0	58,7±2,73	39,6±0,84	12,4±0,2	84,0±2,1	89,6±3,2	4,25±0,30	20,5±0,5

$$y_n = \frac{y_{ст} n}{n+b} \%, \quad (3.11)$$

где:  $n$  – номер стирки,

$y_n$  – усадка (%) после  $n$ -ной стирки,

$y_{ст}$  – стабилизировавшаяся усадка (%),

$b$  – эмпирический коэффициент.

Предлагаемая эмпирическая формула дает возможность определить стабилизированную усадку без проведения многократных стирок только по результатам первой стирки ( $y_1$ ). Легко видеть, что:

$$y_{ст} = y_1(1+b) \quad (3.12)$$

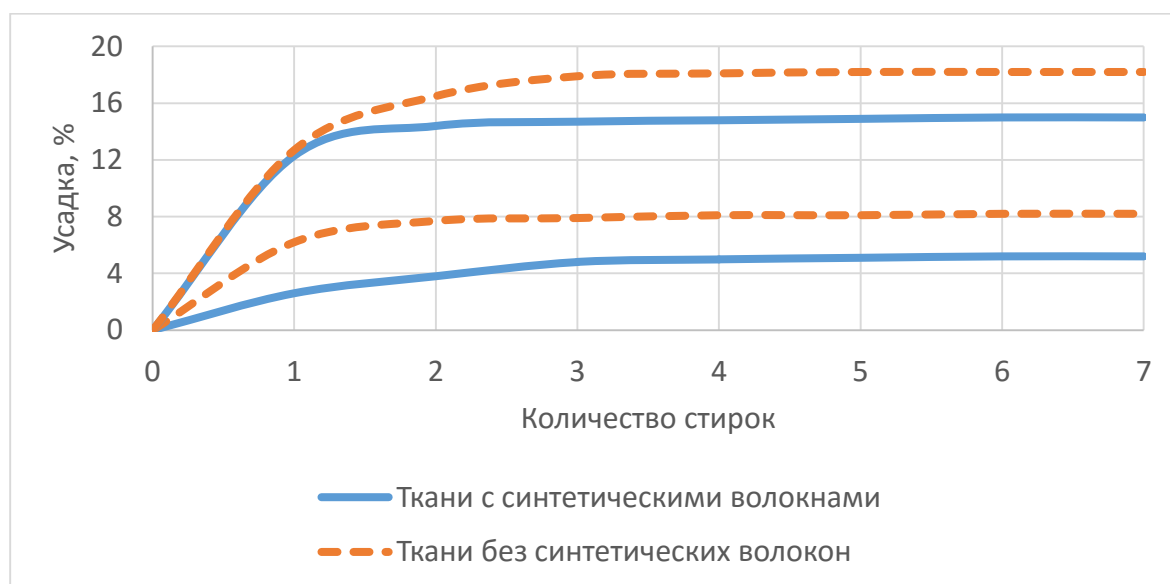


Рисунок 3.4 – Зависимость усадки тканей от количества стирок.

Численные значения эмпирического коэффициента ( $b$ ) устанавливали на основании экспериментальных данных. Для расчетов можно рекомендовать следующие значения этого коэффициента:

$b=0,42-0,60$  для тканей без синтетических волокон

$b= 0,33-0,76$  для тканей с синтетическими волокнами.

Большие значения коэффициента относятся к меньшим величинам усадки после первой стирки.

Следовательно, помимо большой усадки после первой стирки, почти все исследованные ткани усаживаются при дальнейших стирках, причем величина

стабилизировавшейся усадки превышает первоначальную усадку в 1,33-1,76 раза. Если учесть, что стабилизация усадки начинается только после 4-й стирки, т. е. через 2 месяца после выдачи спецодежды горнорабочим, а также величину этой стабилизированной усадки, то становится совершенно очевидным, что задолго до окончания нормативного срока носки спецодежда может оказаться непригодной (даже без учета влияния других факторов износа одежды).

Как показали исследования, многократные стирки сопровождаются не только систематическим увеличением усадки, но вызывают также изменение прочностных и защитных свойств тканей. На рисунке 3.5 показано изменение прочности на разрыв (по основе) в абсолютных и относительных единицах, аналогичные данные по изменению водоупорности приведены на рисунке 3.6.

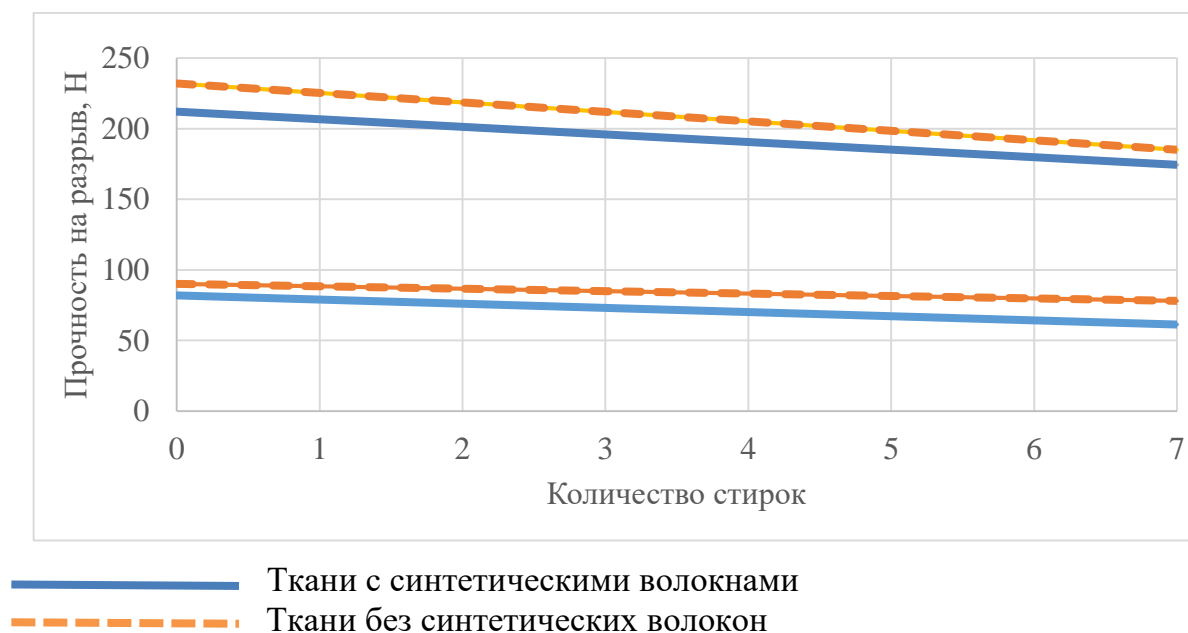
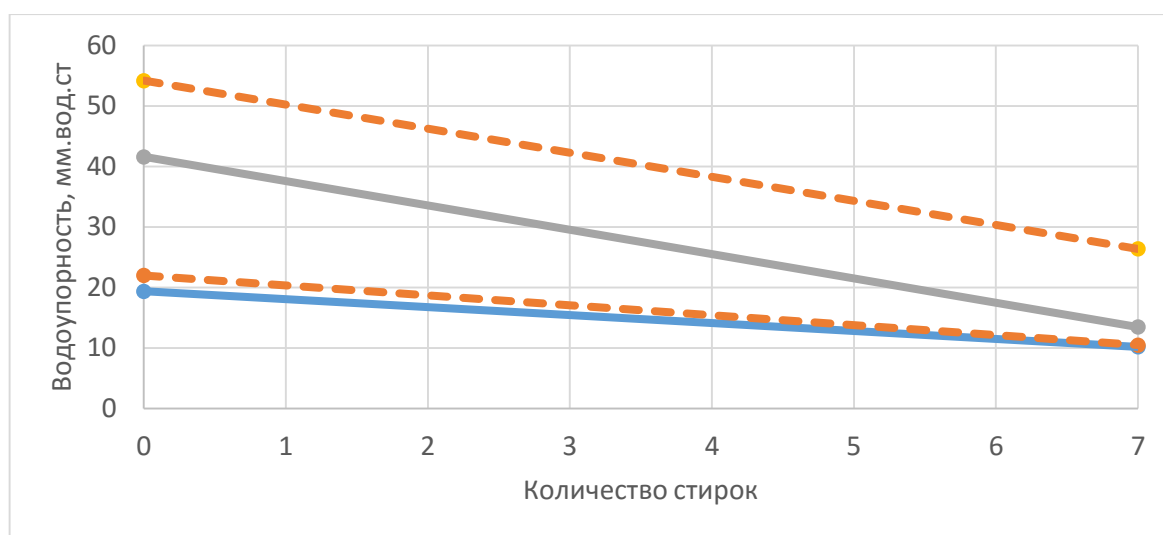


Рисунок 3.5 – Изменение прочности на разрыв при многократной стирке.

Прочность на разрыв снижается после 7-й стирки от 5 до 26,7%, а водоупорность соответственно от 31,2 до 89,1%.

Значительное снижение водоупорности является следствием вымывания специальных пропиток и приводит к потере водозащитных свойств спецодежды, причем, как видно из рисунка 3.5, уже после 2-й стирки водоупорность тканей снижается весьма ощутимо – до 25%; после 4-й стирки водоупорность всех исследованных тканей снизилась от 23 до 53%.



— Ткани с синтетическими волокнами

- - - Ткани без синтетических волокон

Рисунок 3.6 – Изменение водоупорности при многократных стирках.

Следовательно, прочность применяющихся пропиток совершенно недостаточна, практически в течение всего срока носки, спецодежда горнорабочих лишена водозащитных свойств.

Помимо потери водозащитных свойств, вымывание пропитки приводит, как видно из таблицы 3.8, к увеличению воздухопроницаемости тканей. Если до стирок воздухопроницаемость свыше 30 л/м<sup>2</sup>сек была только у двух тканей (арт.11224 и арт. 3251), то после 7-ми стирок уже пять тканей имеют слишком большую воздухопроницаемость. Увеличение воздухопроницаемости в таких пределах приводит, как известно, к ухудшению теплозащитных свойств одежды.

Неустойчивость защитных пропиток в процессе эксплуатации спецодежды, кроме ухудшения защитно-гигиенических свойств тканей увеличивает их стоимость.

Анализ данных, приведенных в таблицах 3.7 и 3.8 и на рисунках 3.5 и 3.6, позволяет сделать вывод, что ткани с добавками синтетических волокон в большинстве своем имеют существенные преимущества перед тканями из натуральных волокон.

Воздействие пыли на спецодежду характеризуется двумя показателями – пылепроницаемостью и пылеемкостью. Пылеемкость – это поглощение частиц пыли

тканями. Пылепроницаемость - способность ткани пропускать пыль в пододежный слой. Оба этих показателя являются важным защитно-гигиеническим свойством, во многом определяющим качество спецодежды горнорабочих угольных шахт. Известно, что специфика условий труда в угольных шахтах обуславливает весьма интенсивное загрязнение спецодежды угольной и породной пылью. Уровни запыленности в шахтах детально рассмотрены нами в первом разделе. Величины пылепроницаемости и пылеемкости, с одной стороны, зависят от скорости движения воздуха в шахтных выработках, дисперсности и других характеристик пыли, с другой стороны – от характеристик ткани (пористости, вида переплетения и ряда других свойств).

Исследование тканей показало, что пылеемкость (мг) тканей без синтетических волокон колеблется в пределах от 133 до 57 (M=100), а тканей с синтетическими волокнами – от 126 до 62 (M=115). Следовательно, пылеемкость тканей с добавками синтетических волокон выше, чем у натуральных, а пылепроницаемость, соответственно, ниже.

В условиях современной высокой механизации очистных и подготовительных работ, спецодежда горнорабочих может подвергаться воздействию различных масел и водомасляных эмульсий [23]. При этом, проникая через ткань спецодежды, масла и водомасляные эмульсии могут контактировать непосредственно с телом человека, вызывая заболевания дерматитами. Поэтому, наряду с другими защитными свойствами тканей, маслопроницаемость является весьма важным показателем.

С целью определения этого показателя была проведена серия опытов с тканями различного состава. Использовались две методики проведения эксперимента.

Первая методика проведения опытов заключалась в следующем. К цилиндру диаметром 100 мм с одной стороны в виде дна прикрепляется испытуемый образец ткани и в него наливалось индустриальное (веретенное) масло до уровня 5 мм. Показателем маслопроницаемости являлось время в секундах, прошедшее с момента заливки масла до появления трех пятен на фильтровальной бумаге,

подложенной под испытываемую ткань. Та ткань считалась лучшей, через которую проникновение масла происходило за больший отрезок времени.

Исследованиями установлено, что маслопроницаемость тканей без добавок синтетических волокон колеблется от 2,34 сек до 8,40 сек. Среднее значение составляет 5,9 сек. Маслопроницаемость тканей с добавками синтетических волокон находится в пределах от 18,6 сек до 0 ( $M=7,2$  сек). Таким образом, маслопроницаемость тканей с синтетическими волокнами меньше, чем тканей без содержания синтетических волокон.

Целью экспериментальных исследований защитной эффективности шахтерской спецодежды в отношении индустриальных масел по второй методике, представленной в литературе [46, 47] являлось формулирование требований к пакету спецодежды, который защищает кожу рабочих от загрязнения маслами. В ходе эксперимента был проведен осмотр комплектов шахтерской спецодежды для выявления топографии и интенсивности загрязнения маслами, а также осмотр кожи и опрос горнорабочих. Всего осмотрено 54 комплекта спецодежды и опрошено 54 горнорабочих. Интенсивность загрязнения спецодежды и кожи оценивалась по степеням: слабая (+), умеренная (++) и сильная (+++).

Для количественной оценки загрязнения маслами на внутренней поверхности шахтерского костюма в специально нашитые карманы в области груди, живота, наружных поверхностях плеча и предплечья, передних поверхностей бедра и голени вкладывались бумажные обеззоленные фильтры «синяя лента». Диаметр фильтров составлял 12 см, общая площадь 113 см<sup>2</sup>. Через определенное количество рабочих смен (от 2 до 10) фильтры изымались из карманов для количественного определения проникшего через спецодежду масла. Сущность метода, разработанного в Донецком НИИ ГТ и ПЗ [48] заключается в извлечении с помощью растворителя (гексана) масла из фильтров с последующим определением концентрации по оптической плотности на фотоэлектроколориметре. После определения количества масла проведен пересчет на 100 см поверхности. Всего в носке оценивалось 17 костюмов, исследовано 63 пробы.

Установлено, что наибольшей вероятности загрязнения маслами подвергаются рабочие, занятые ремонтом забойного оборудования, машинисты выемочных комбайнов и электрослесари на добычных участках. У этих рабочих уровень заболеваний кожными болезнями выше, чем у рабочих не контактирующих с маслами. Осмотр спецодежды и опрос рабочих перечисленных профессий выявил, что наиболее интенсивному загрязнению маслами подвергаются верхние и нижние конечности. Анализ результатов исследований показывает, что концентрации масел на фильтрах, расположенных с внутренней стороны шахтерских костюмов, резко возрастают после 6-7 рабочих смен. Особенно отчетливо эта тенденция проявляется на бедре 1,247 мг/100 см<sup>2</sup> поверхности и голени 0,292 мг/ 100 см<sup>2</sup> поверхности. Для сравнения, в области груди эта цифра составляет 0,126, а в области предплечья 0,112 мг/100 см<sup>2</sup> поверхности.

С целью выявления влияния жидких агрессивных сред, встречающихся в шахтных условиях, на прочностные показатели тканей было проведено две серии опытов. В первой серии ткани подвергались воздействию воды с щелочной реакцией (рН=9), во второй – кислотной (рН=2). Испытаниям были подвергнуты хлопчатобумажные (арт. 3251, 3245, 3293, 3289) льняные (арт. 11206, 11104, 11224, 11217, 11201, 11110, 11121) ткани.

Предварительное по всем тканям определялась прочность на разрыв по основе и утку. Затем образцы тканей помещались в ванны с водой, имеющей, в первом случае, щелочную реакцию, во втором – кислотную. После 24-часовой и 72-часовой экспозиций регистрировались изменения исходной прочности тканей по основе и утку. Всего при изучении влияния агрессивных сред на прочностные показатели тканей было проведено 540 определений. Результаты этих определений приведены в таблице 3.9.

Анализ полученных данных позволили выявить тенденцию к снижению прочности тканей по основе и утку. При этом установлено, что ухудшение прочностных показателей происходит при воздействии на ткани воды как с щелочной реакцией (рН=9), так и с кислотой (рН=2). Причем, более длительное



Таблица 3.9 – Влияние агрессивных сред на прочностные характеристики тканей

Артикул ткани	Первоначальная прочность на разрыв полоски 50x200 мм (кгс)		Прочность на разрыв полоски 50x200 мм после воздействия воды							
			рН=2				рН=9			
			24 часа		72 часа		24 часа		72 часа	
			основа	уток	основа	уток	основа	уток	основа	уток
3245	109,1±1,0	58,7±2,7	105,8±1,2	-	99,6±1,2	-	104,6±1,0	-	103,0±1,5	-
3251	82,8±0,6	36,6±1,9	74,3±1,6	35,9±1,9	73,7±1,1	32,7±0,9	81,4±1,1	34,8±1,8	78,5±1,1	33,7±2,1
3293	120,4±1,0	80,5±2,8	120,6±2,5	-	119,8±0,8	-	118,8±1,0	-	116,4±1,2	-
3289	90,2±0,9	105,3±1,4	88,9±0,6	-	87,8±0,8	-	90,6±0,4	-	86,7±1,2	-
11206	168,9±0,9	101,0±1,4	160,3±2,4	92,6±1,4	155,3±0,6	93,6±0,6	162,4±4,8	94,8±1,0	150,6±2,6	92,6±1,6
11104	209,6±1,5	82,5±0,9	200,9±4,4	76,3±0,4	194,9±2,2	74,7±0,4	201,7±4,5	82,5±0,3	198,0±3,5	74,7±0,6
11217	211,0±0,4	112,0±1,7	193,4±5,2	109,6±0,7	182,3±2,4	102,0±0,5	203,8±1,6	109,6±0,4	183,6±2,1	96,9±0,8
11201	180,5±1,5	111,6±1,5	165,1±0,6	-	164,5±2,9	-	170,5±2,0	-	166,7±2,1	-
11224	238,8±1,9	139,5±2,6	223,4±1,8	-	211,3±0,9	-	221,0±0,9	-	222,5±0,9	-
11110	171,8±1,5	87,4±3,2	171,8±4,1	87,4±0,5	160,3±1,8	87,0±0,6	168,9±2,7	87,1±0,3	156,4±6,2	87,0±1,0
11121	142,1±4,6	94,1±1,0	140,1±5,9	85,3±1,3	101,9±5,2	72,0±0,6	141,6±1,7	76,1±2,1	112,7±1,2	66,8±0,9

воздействие воды с указанными реакциями приводит, как правило, к дальнейшему понижению прочности.

### **3.3 Теоретическое обоснование создания износостойкой спецодежды шахтерской в условиях эксплуатации в различных условиях труда в угольных шахтах**

В соответствии с поставленной целью и обобщением опыта аналогичных расчетов [15], для определения степени износостойкости тканей и отдельных конструктивных элементов изделий, рассматриваемых нами как критерии надежности эксплуатационных характеристик тканей, в работе приняты следующие показатели:

- интенсивность отказов  $\lambda(\tau)$ , час<sup>-1</sup>;
- коэффициент оперативной готовности Кг;
- срок службы к списанию Тсп.
- время безотказной работы Т0, час;

Каждый показатель является случайной величиной, которая характеризуется математическим ожиданием, дисперсией, среднеквадратичным отклонением, коэффициентом вариации. Количественная оценка показателей надежности спецодежды шахтерской осуществлялась в лабораторных условиях на базе лаборатории средств индивидуальной защиты МакНИИ и на основе статистической информации, полученной в процессе эксплуатации спецодежды во время испытаний в промышленных условиях на шахтах ГП «Макеевуголь».

Статистически расчетная оценка показателей износостойкости проведена для спецодежды шахтерской, изготовленной из тканей «Шахтер», «Горизонт» и «Уголек», традиционно применяемых в угольной промышленности. Количественные показатели надежности спецодежды автор определил непосредственно из статистической информации, полученной в промышленных

условиях эксплуатации на шахтах ГП «Макеевуголь», что дало возможность оценить влияние как можно большего количества производственных факторов (механические нагрузки, пыль, влага и др.). Для этого использована первичная оперативная документация отделов охраны труда шахт и экспериментальные исследования времени промышленной носки спецодежды без отказов ( $T_0$ ) из однотипных партий определенного количества, выданной горнорабочим, что повышает достоверность полученной информации. Выполненные исследования засвидетельствовали, что приведенные выше показатели существенно зависят от условий эксплуатации спецодежды и точность их оценки определяется объемами выборки [69]. В качестве возможных способов повышения точности расчетов износостойкости, использовано: объединение однородных выборок после проверки их на однородность по критерию Смирнова; учет неравномерности отказов; учет влияния режима очистки.

Проанализированы комплекты спецодежды из тканей «Горизонт», «Шахтер», и «Уголек», утративших свои защитные и эксплуатационные свойства, которые не заменялись и не ремонтировались, что отвечало условиям эксперимента.

Оценка количества спецодежды  $N$ , пригодной к эксплуатации, проводилась по изменению показателя истираемости на протяжении времени эксплуатации  $t_i$   $N(t)$ , и уменьшалось, являясь функцией времени (рисунок 3.7).

Отбиралось одинаковое количество образцов спецодежды из трех тканей по 300 комплектов каждой ( $N=300$ ).

Как видно из диаграммы частота отказов, выше у спецодежды из ткани «Шахтер», наиболее оптимальные показатели отмечаются у ткани «Уголек». Таким образом, интенсивность отказов  $\lambda(t)$  является определяющим показателем, который характеризует скорость изменения функции надежности  $P(t)$ . Удобство использования  $\lambda$  - характеристик связано с информативностью и адитивностью такой функции.

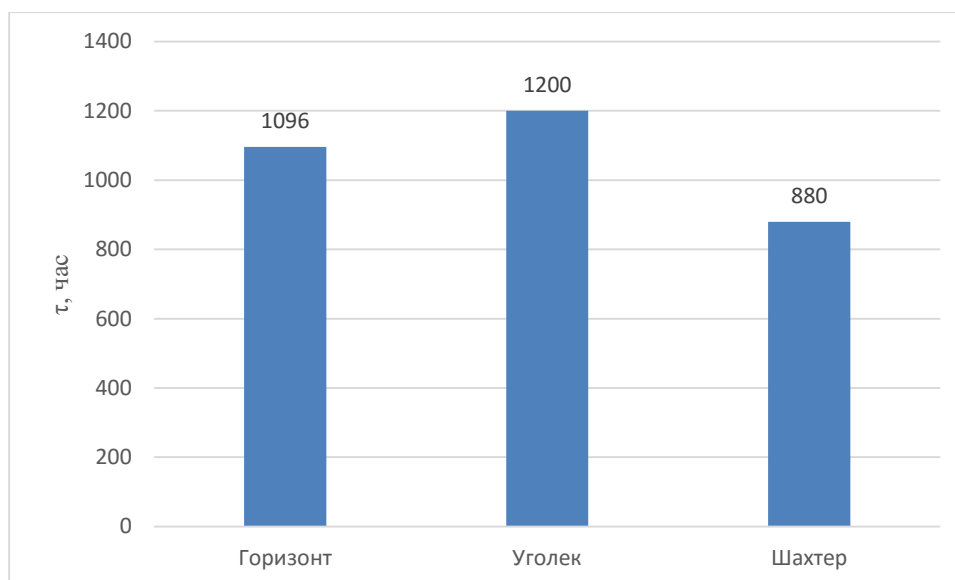


Рисунок 3.7 – Зависимость среднего количества спецодежды непригодной к эксплуатации от времени  $\tau$ .

Во время анализа статистических данных интенсивность отказов определяли по формуле:

$$\lambda(\tau) = \frac{n(\tau)}{N(\tau) \cdot \Delta\tau}, \quad (3.13)$$

где:  $n(\tau)$  – количество комплектов спецодежды по каждому виду ткани, которые вышли из строя за срок  $\tau \pm \Delta\tau/2$ ;

$N(\tau)$  – среднее количество неповрежденных изделий, которые используются к моменту времени  $(\tau \pm \Delta\tau/2)$ .

Для повышения точности значений  $\lambda$ , время эксплуатации спецодежды разделялось на интервалы  $\Delta\tau$ , но на протяжении каждого периода определялось уточненное среднее значение по формуле:

$$N(\tau) = \frac{N\left(\tau - \frac{\Delta\tau}{2}\right) + N\left(\tau + \frac{\Delta\tau}{2}\right)}{2} \quad (3.14)$$

где:  $N$  – количество пригодных к эксплуатации изделий в интервале времени  $\tau \pm \Delta\tau/2$ ;

Для установления связей между интенсивностью отказов (полного износа спецодежды) или среднего времени безотказной работы с каждым показателем физико-механических характеристик (ФМХ) в процессе эксплуатации фиксировалось количество изделий, пришедших в негодность и причину отказа,

связанную с механической нагрузкой: разрыв, истирание, раздир, прокол и др. в интервале времени не менее  $T_0$ . Разнообразие и большое количество показателей, создает определенные сложности в получении достоверной информации их влияния на надежность и долговечность изделий. Предельное число рассмотренных комбинаций  $N$  определялось числом сочетаний:

$$N = \sum_{i=1}^{i=n} C_m^n, \quad (3.15)$$

где:  $m$  – количество изделий, которое рассматривается;

$n$  – количество ФМХ.

В то же время, такое количество измерений настолько велико, что их сложно реализовать на практике и потому причины отказов, классифицированные как механические, обусловлены износом в ходе эксплуатации, стирки и старения ткани.

Под воздействием механических нагрузок, других ОВПФ с одной стороны и времени эксплуатации спецодежды, возникает износ тканей и, как следствие, происходят изменения их показателей, что приводит к росту интенсивности отказов в ходе эксплуатации, стирки и старения ткани. Уменьшение величины ФМХ материалов, которые наблюдается в этом случае, приводит к росту интенсивности отказов из  $\lambda_1 = 1,23 \cdot 10^{-5}$  при первом месяце эксплуатации к  $\lambda_7 = 9,5 \cdot 10^{-5}$  при седьмом.

В случае оценки изменения износостойкости ткани от срока эксплуатации, аналитическая зависимость имеет вид:

$$P(n) = \exp(-0.071 \cdot n) \quad (3.16)$$

где:  $n$  – срок эксплуатации.

Таким образом, износ спецодежды в режимах с повышенной механической нагрузкой при работах на маломощных пластах приводит к уменьшению уровня надежности и долговечности изделий.

Во время экспериментального определения среднего времени безотказной работы спецодежды в процессе носки, регистрировали срок наработки к первому отказу  $T_{0i}$  для каждого  $i$ -го изделия.

Полученные в процессе исследования показатели  $\lambda(\tau)$  и  $T_0(\tau)$  дают возможность определить все необходимые характеристики случайных величин (математическое ожидание, дисперсию, коэффициент вариации). Как следует из расчетов доверительные интервалы математических ожиданий для этих параметров находятся в пределах 0,1.0,12, что дает возможность перейти к детерминированным средним значениям  $\lambda$  и  $T_0$ , что существенно уменьшит объемы расчетов.

Важным параметром для спецодежды шахтерской является средний срок эксплуатации к списанию  $T_{сп}$ , который ограничен сроком ее эксплуатации. Соответственно, во время определения параметров надежности срок наблюдения ограничен определенным в технических условиях средним сроком службы к списанию.

Для оценки возможности использования изделия, применяем коэффициент оперативной готовности  $K_r$ , который является вероятностью того, что изделие будет работать без отказов в произвольно избранный промежуток времени в интервале  $(\tau, T_0)$ . Такой коэффициент количественно определяем по формуле:

$$K_r = \frac{\tau_p}{\tau_p + \tau_d + \tau_{xp}}, \quad (3.17)$$

где  $\tau_p$  – время работы;  $\tau_d$  – время стирки и химчистки;  $\tau_{xp}$  – время хранения.

Для спецодежды шахтерской  $\lambda$  - характеристики определялись для изделия в целом и отдельных составляющих частей (материал, швы). Интервалы  $\lambda$  - характеристик  $\Delta\tau$  определяли по формуле:

$$\Delta\tau = \tau_p + \tau_d + \tau_{xp} \quad (3.18)$$

Первый участок  $(0 - \tau_1)$  с повышенным уровнем  $\lambda$  обусловлен изделиями, которые имеют производственные дефекты (не прошитые участки швов, плохая пропитка ткани, повреждения фурнитуры) и не прошли входного контроля. Второй

участок  $(\tau_1 - \tau_2)$  определяет эффективный период эксплуатации, и отказы на этом участке можно квалифицировать как непредвиденные. Причины отказов на втором участке predeterminedены скрытыми дефектами изделий, которые не определяются обычными методами контроля качества (отклонение в технологии изготовления швов, некачественная пропитка ткани), а также режимами эксплуатации, за которых возникают концентрации нагрузок на слабых участках элементов изделий. Величину  $\lambda(\tau)$  на втором участке можно считать величиной постоянной во времени, которая не зависит от точки отсчета:

$$\lambda(\tau) = M(\lambda) = \text{const}. \quad (3.19)$$

Анализ, проведенный в продолжение пяти лет показал, что интенсивность отказов в период эффективной эксплуатации удовлетворяет условиям стационарности, ординарности, с отсутствием последствий [70]. Такие процессы удовлетворяют требованиям к марковской модели, и систему дифференциальных уравнений марковского процесса можно заменить на систему уравнений алгебраизма [71]. Для рассмотрения процессов в соответствии с марковской моделью необходимо проверять правомерность использования экспоненциального закона распределения вероятности безотказной работы  $P(\tau)$  для эффективного периода эксплуатации. Имея статистические данные, полученные во время испытаний, определяем экспериментальную функцию надежности при постоянном значении интенсивности отказов.

$$P(\tau) = \frac{N - n(\tau)}{N}, \quad (3.20)$$

где  $n(\tau)$  – число изделий, которые отказали за время  $\tau$ .

Проверка по критерию Пирсона экспериментальных данных показала, что распределение  $P(\tau)$  адекватно аппроксимируется экспоненциальным законом.

$$P(\tau) = \exp(-\lambda \cdot \tau). \quad (3.21)$$

Коэффициент вариации определяем по формуле:

$$K_B = \sigma[To]/M[To] \approx 1. \quad (3.22)$$

Используя экспоненциальный закон распределения надежности в период эффективной эксплуатации, получаем взаимосвязь между  $T_0$  и  $\lambda$

$$T_0 = \int_0^{\infty} \exp(-\lambda \cdot \tau) d\tau = \frac{1}{\lambda}. \quad (3.23)$$

Срок, на протяжении которого  $\lambda(\tau) = \text{const}$ , можно считать гарантированным сроком эксплуатации и соответственно определить  $T_{\text{гар}}$  через среднее значение времени работы без отказов по формуле:

$$T_{\text{гар}} = M[T_0] = \frac{1}{M[\lambda]}. \quad (3.24)$$

Третий участок  $\lambda(\tau)$  - характеристики ( $\tau_2 < \tau \leq T_{\text{сп}}$ ) предопределенная процессом изнашивания материала и формирует так называемые постепенные отказы. Этот процесс не является стационарным, потому что изменение параметров в каждый момент времени зависит от того, насколько изменился этот параметр в сравнении с номинальным за предыдущее время. В этот период постепенные отказы зависят от большого количества разных причин, каждая из которых является случайной. Значение  $\lambda(\tau)$  нельзя считать постоянными, что подтверждается на зависимости, составленной в соответствии с методикой исследований.

Рост интенсивности отказов соответственно приводит к росту износостойкости быстрее, чем по теоретическому экспоненциальному распределению. На участке с постепенными отказами разброс параметров  $\lambda(\tau)$  существенный и на этом интервале время работы без отказов  $T_{\text{оп}}$  оценивается по двум показателям – математическому ожиданию и дисперсии. Соответствующая проверка по критериям согласия (критериям Пирсона) показала, что гипотеза о подчинении надежности изделий от времени не противоречит нормальному закону распределения и вероятность безотказной работы  $P(\tau_{\text{нв}})$  определено по формуле:

$$P(\tau_{\text{нв}}) = \left[ 0.5 - \frac{\Phi(\tau - M[T_{\text{оп}}])}{\sigma[T_{\text{оп}}]} \right], \quad (3.25)$$

где  $\frac{\Phi(\tau - M[T_{\text{оп}}])}{\sigma[T_{\text{оп}}]}$  функция Лапласа;



$M[T_{0п}]$ ,  $\sigma[T_{0п}]$  – математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение времени безотказной работы при постепенных отказах, соответственно.

Таким образом, степень износостойкости является сложным случайным процессом, в котором совмещаются два независимых процесса – непредвиденные и постепенные отказы. Вероятность такого вида сложного процесса равняется произведению вероятностей более простых процессов [71]. Применяя правило умножения вероятностей, можно записать:

$$P(\tau) = \exp(-\lambda \cdot \tau) \cdot \left[ 0.5 - \frac{\Phi(\tau - M[T_{0п}])}{\sigma[T_{0п}]} \right]. \quad (3.26)$$

Следовательно, результирующий закон распределения надежности  $P(\tau)$  определяется умножением двух функций распределения – экспонентной и нормальной. В общем случае такое распределение можно представить, как распределение Вейбула:

$$P(\tau) = \exp \left( - \left( \frac{\tau \cdot K_B [T_0]}{M [T_0]} \right)^b \right), \quad (3.27)$$

где  $b$  однозначно определяется через коэффициент вариации времени безотказной работы  $K_B$ . Коэффициент вариации определяется по формуле:  $Ea[T_0] = A(1 - 1/b)$  – гамма-функция. По результатам расчетов коэффициент  $b$  равняется 1,12;  $M[T_0]$  – математическое ожидание времени безотказной работы.

Аналогичные исследования выполнены для оценки показателей надежности одежды из тканей «Уголек» и «Горизонт».

Теоретический анализ экспериментальных данных дал возможность количественно оценить уровень надежности и установить взаимосвязи между показателями надежности и гарантированными показателями эксплуатации.

### Выводы к разделу 3

1. Сформирована номенклатура опасных и вредных факторов шахтной среды, воздействие которых может регулироваться спецодеждой. Путем кластерного анализа установлена степень влияния ОВПФ на анатомо-топографические зоны тела шахтеров различных профессий, которые оценивались по показателям микротравм и пиодермитов, что позволило обосновать требования к зональной защите тела шахтеров. Установлено, что механизм воздействия факторов производственной среды на указанные зоны неодинаков и определяется вынужденными рабочими позами шахтеров, обусловленных горно-геологическими и горнотехническими условиями.

2. Разработана иерархия защитных свойств спецодежды шахтеров, позволяющая детализировать последовательность проведения их комплексной оценки.

3. Разработана методика проведения комплексной оценки эффективности спецодежды, позволяющая оценить уровень защиты шахтеров и стать основой для разработки высокоэффективных средств защиты.

4. Исследована продолжительность механических воздействий на тело шахтеров основных профессий в зависимости от мощности пласта и относительного времени работы в вынужденных рабочих позах.

5. Исследованы показатели простых защитных свойств тканей, применяющихся для изготовления шахтерской спецодежды.

6. Теоретически обосновано создание износостойкой спецодежды шахтерской в условиях эксплуатации в различных условиях труда в угольных шахтах.

## РАЗДЕЛ 4

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТКАНЕЙ И СПЕЦОДЕЖДЫ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ И В ПРОЦЕССЕ ЕЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

#### 4.1 Исследование влияния свойств тканей на эффективность эксплуатационных, гигиенических и защитных характеристик спецодежды

Для производства тканей широко используются волокнистые вещества растительного (хлопок, лен), животного (шерсть, шелк) происхождения, а также искусственные (штапельное полотно) и синтетические (капрон, лавсан). Эти волокна характеризуются показателями: теплозащитности, воздухопроницаемости, гигроскопичности, паропроницаемости, водоемкости, испаряемости влаги, истираемости, разрыву, раздиру. Эти характеристики находятся в корреляционной зависимости от веса, толщины и пористости ткани.

Под теплозащитными свойствами подразумевается способность к регулированию теплопотерь организма, при взаимодействии с окружающей средой. Комфортный микроклимат в пододежном пространстве во многом зависит от покроя спецодежды, количества ее слоёв, тепловых показателей отдельных тканей, плотности прилегания одежды к телу и др. Теплопотери пододежного пространства зависят от теплопроводности материалов и количества ее слоёв.

Воздухопроницаемость необходима для поддержания теплового баланса организма с внешней средой и удаления из пододежного пространства углекислоты, влаги и кожных выделений. Но чем выше воздухопроницаемость, тем ниже теплозащитные свойства. Воздухопроницаемость ткани зависит в основном от ее строения, толщины, способа переплетения, количества и величины пор. Циркуляция воздуха через ткань и одежду происходит под влиянием конвекции (связанной с нагревом воздуха у поверхности тела и с движениями человека), а также разности давлений наружного и пододежного воздуха при ветре.

Все эти факторы действуют в сочетании друг с другом и поэтому сложно учесть влияние каждого из них в отдельности, без проведения комплексной оценки показателей. Известно, что воздухопроницаемость шерстяной материи выше, чем льняной и хлопчатобумажной. Отрицательно на данный показатель влияет увлажнение и загрязнение ткани. Исходя из функциональных характеристик, наибольшую воздухопроницаемость должно иметь нательное белье, с целью улучшения воздухообмена в пододежном пространстве, а наименьшую - ткани для верхней зимней одежды - для сохранения тепла при низкой температуре внешней среды и резких ее колебаниях для недопущения переохлаждения организма. Показателем вентиляционной способности одежды является содержание углекислоты в пододежном пространстве, в микрослое воздуха, непосредственно прилегающего к коже. Источниками углекислоты являются кожа и загрязненная одежда (в «условиях комфорта» содержание углекислоты колеблется от 0,06 до 0,09%).

Одним из важных свойств тканей является способность их пропускать водяные пары, т. е., паропроницаемость. Испарения пота проникают через ткань изнутри и снаружи - через поры изделия. Величина паропроницаемости зависит от толщины и пористости ткани, от колебаний температуры и относительной влажности воздуха внешней среды, обеспечивая сохранение нормального теплообмена, выделение и удаление газообразных продуктов жизнедеятельности организма.

К свойствам ткани относится их способность сорбировать (поглощать) на своей поверхности водяные пары, называемая гигроскопичностью. Количество поглощаемой гигроскопичной влаги тканями зависит от природы волокон. Это играет важную роль для сохранения теплового равновесия организма человека. Под влиянием гигроскопичной влаги ткани укорачиваются и утолщаются, в результате чего увеличивается их теплопроводность. Все это сказывается на нашем состоянии и самочувствии. Так, в условиях жаркого сухого климата высокая гигроскопичность (при наличии повышенной паропроницаемости) ткани способствует испарению пота. Количество гигроскопической влаги, поглощаемой

одеждой из воздуха, может достигать 10% веса одежды, причём шерстяные ткани это делают лучше, чем хлопчатобумажные.

Способность ткани отдавать воду путём испарения называется испаряемостью. Она у разных тканей различна (быстрее высыхают тонкие и гладкие, шерсть теряет воду медленнее, чем хлопчатобумажная материя, почему и меньше охлаждает тело). Испаряемость зависит от температуры, влажности, скорости движения воздуха внешней среды, а также от содержания влаги в тканях. Это очень важно, особенно в условиях высоких температур, где необходимо, чтобы одежда хорошо впитывала и быстро отдавала влагу в окружающую среду.

Таким образом, влияние одежды на организм человека в значительной степени определяется свойствами тканей, из которых она изготовлена. Самыми общепотребительными до сих пор являются натуральные волокна. Натуральные волокна - это главным образом растительные (хлопок, конопля, джут), состоящие большей частью из углевода целлюлозы (клетчатки), и волокна белковой природы - овечья шерсть, шелк тутового шелкопряда.

Из одних и тех же волокон изготавливается одежда с различными свойствами. Многое зависит от структуры тканей, которая влияет на степень поглощения влаги, пота, кожных выделений. В связи с этим, основные свойства материалов одежды могут широко изменяться и не зависят только от природы волокон.

Одним из важнейших свойств тканей, характеризующих эксплуатационные характеристики шахтерской спецодежды, является стойкость к истиранию – износоустойчивость. Износоустойчивость - это способность изделия сопротивляться изнашиванию, а изнашивание - это процесс, идущий во времени, под действием каких - либо факторов вызывающий такие изменения структуры материала, которые приводят к ухудшению его свойств или полному разрушению. Результат этого процесса называется износом. Причиной износа материалов является воздействие сложного комплекса различных факторов: механических, физико-химических и биологических.

К механическим факторам износа в первую очередь относятся истирание и усталость от многократных деформаций в результате растяжения, изгиба и сжатия. Истирание материала, происходящее вследствие трения его об окружающие предметы, всегда связано с уменьшением массы материала и обычно сопровождается потерей его прочности. Усталость материала приводит к образованию исчезающих деформаций, к расшатыванию структуры материала без существенной потери его массы. Мера износостойкости материала при механических воздействиях - количество относительной удельной работы, затраченной на его разрушение или образование пластических деформаций.

Физико-химические факторы износа - действие кислорода воздуха, света, влаги и температуры - приводят к старению материала, т. е. химическому процессу деструкции волокон. К физико-химическим факторам относятся также действие пота, стирки, химической чистки. Устойчивость материала к действию этих факторов обычно измеряется степенью потери механических свойств материалом после некоторого срока инсоляции, температурных воздействий или стирок.

К биологическим факторам износа относятся процессы гниения, вызывающие развитие различных микроорганизмов, а также повреждения, наносимые насекомыми.

Комбинированные факторы - изнашивание от совместного воздействия целого комплекса факторов: истирания, многократного растяжения, микроклимата, стирки и др. Так, бельевые ткани и трикотаж разрушаются от стирки и изнашиваются от трения. Износ подкладочных тканей происходит вследствие истирания при небольшом влиянии других факторов. Важнейшей причиной разрушения материалов для верхней одежды также является истирание, но не исключается воздействие микроклимата, а на отдельных участках - многократных растяжений и изгибов.

Для оценки износостойкости, как правило, определяют срок службы изделий, т. е. время от начала изнашивания до разрушения изделия или непригодности его к дальнейшему использованию. Критерий износостойкости выражают не только временем, но и числом циклов изнашивания. При оценке износа полотен или

изделий после заданного числа циклов изнашивания используют следующие критерии износа:

- снижение прочности, выносливости при многократном деформировании;
- уменьшение числа истирающих циклов до разрушения пробы;
- уменьшение вязкости раствора вещества, составляющего изделия;
- уменьшение кондиционной массы;
- увеличение проницаемости;
- количество видимых повреждений (потертостей, дыр, пиллей и др.) и их расположение на изделии (топография износа).

Из перечисленных критериев износа чаще используют первые два. Уменьшение вязкости раствора изношенного материала позволяет обнаружить даже небольшой износ вещества, возникающий при старении от действия света и микроклимата. Уменьшение кондиционной массы пробы и увеличение ее проницаемости являются малочувствительными критериями и поэтому используются редко. Количество видимых повреждений, пиллей и топографию износа часто определяют при опытной носке одежды, так как это позволяет уточнить места и интенсивность износа в течение всего срока эксплуатации.

Кинетические характеристики (критерии) износа дают информацию не только о начальном значении критерия (показателя качества) для неношеного материала, но и об его изменении в процессе эксплуатации или при лабораторном изнашивании с помощью приборов. Изучение кинетики изнашивания производят двумя способами: в опытной носке изделий и в лабораториях.

Стойкость к истиранию характеризует способность изделий противостоять истирающим воздействиям. Текстильные полотна и изделия истираются при трении в местах контакта с другими предметами или материалами. Истирание представляет собой сложный комплексный процесс, при котором происходит отделение частиц материала с поверхности тел, разрушаемых при трении.

При эксплуатации текстильных изделий преобладает усталостный износ при истирании. Степень и характер износа изделий зависит от состояния истирающей поверхности абразива и от волокнистого состава изделий, их структуры, размера и

характера опорной поверхности. Чем более жесткий абразив, тем быстрее истирается полотно. Наибольшей стойкостью к истиранию обладают ткани, состоящие из волокон, имеющих высокую стойкость к многократным деформациям и истиранию. Это лавсан, капрон, затем шерсть, лен, хлопок и наименее стойкие ткани из штапельных вискозных или ацетатных волокон. С увеличением крутки (до определенного предела) стойкость к истиранию возрастает.

При истирании ткани в начальный период на поверхность ткани выходят отдельные волокна, плохо закрепленные в структуре нитей и ткани. Одновременно идет процесс разрушения этих волокон. Затем происходит постепенное расшатывание структуры, масса ткани при этом практически не меняется. В конечной стадии истирания, когда нарушения в структуре нитей и ткани достигают критических значений, процесс разрушения идет чрезвычайно быстро и сопровождается удалением из ткани отдельных волокон и разрушенных участков нитей. Этот период сопровождается значительной потерей массы и нарушением целостности тканей. В трикотаже разрыв нитей от истирания приводит к спуску петель и разрушение происходит быстрее чем в тканях. С повышением плотности и заполнения трикотажа, износостойкость увеличивается. Для вязально-прошивных нетканых полотен при износе от истирания, сначала разломачивается поверхность, волокна выпадают, обнажается каркас, который в дальнейшем разрушается.

В качестве оценки стойкости ткани к истиранию, чаще всего используют число циклов истирающих воздействий до разрушения материала (образования потертостей, дыр, обрыв образца и т. п.) или изменение после заданного числа циклов истирания механических (прочность, удлинение и т. д.), физических (масса, толщина, воздухопроницаемость) или химических (вязкость полимера, окрашиваемость и т. д.) свойств изделий.

Все испытательное оборудование, в зависимости от вида истирания, подразделяются на установки, осуществляющие: чистое истирание, истирание с одновременным растяжением и изгибом, истирание с одновременным смятием.



Контакт абразива (истирающей поверхности) с образцом материала может происходить по всей его поверхности, по участкам или по сгибам. Направление истирающего усилия может быть ориентированным и неориентированным, абразив может совершать возвратно - поступательное или вращательное движение. Наиболее совершенными считают испытательное оборудование, на котором осуществляется неориентированное истирание изделий, так как это соответствует характеру истирания материала в условиях реальной эксплуатации. Значения Норм стойкости к истиранию различных видов изделий приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Норма стойкости к истиранию различных видов изделий

Вид изделий	Стойкость к истиранию (число циклов до истирания)
Хлопчатобумажные бельевые	1400-2000
Льняные	6000-10000
Льнолавсановые	15000
Плательные из натурального шелка	75-100
Подкладочные из химических нитей и пряжи	1000
Чистшерстяные	2500-5000
Полушерстяные	4000-5000
Нетканые холстопршивные обувные полотна	10000

На начальных стадиях истирания изделий на их поверхности появляются волокнистые комочки - пилы, которые удерживаются на изделии. Образованию пиллинга особенно подвержены изделия из смешанной пряжи, содержащей синтетические волокна: капроновые, лавсановые, нитроновые. Вследствие трения изделия о соприкасающиеся с ним поверхности происходит разрыхление нитей материала, отдельные волокна из пряжи мигрируют на ее поверхность и кончики их начинают выступать над изделием, образуя мшистость. При дальнейшем трении волокна закручиваются в комочки. Пиль будет удерживаться на изделии до тех пор, пока не оборвутся волокна, образующие связь комочков с поверхностью изделия. После этого пиль отрывается и поверхность изделия становится вновь чистой. Прочность и устойчивость синтетических волокон к истиранию способствуют длительному удержанию пилей, вследствие чего совершенно неизношенное еще изделие становится не пригодным к дальнейшей эксплуатации.

Кроме вида волокна на способность к образованию пилинга оказывает влияние строение нитей, структура тканей или трикотажа, а также способы их отделки и специальных химических обработок. Пилингустойкость снижается при использовании более длинных волокон с профилированным поперечным сечением, обеспечивающих более надежное закрепление их в пряже. Уменьшения пилингустойкости можно достигнуть, увеличивая крутку нитей, уменьшая длину перекрытия в ткани и длину петли в трикотаже. Этим же результатам можно достичь, применяя специальные виды отделки - опалку, стрижку, термофиксацию тканей, а также специальные химические пропитки. Оценка пилингустойкости изделий определяется как в опытных носках, так и в лабораториях на специальных приборах, на которых создаются условия, благоприятные для возникновения пилинга.

Среди различных видов износа текстильных материалов большое значение имеет износ под действием климатических факторов внешней среды. Эти факторы, включающие в себя температуру, влажность воздуха, солнечную радиацию, дождь, ветер и т. д. Под действием микроклимата происходит старение текстильных материалов, т. е. ухудшение первоначальных свойств материала (механических, оптических и др.) или их полное разрушение.

Из климатических факторов внешней среды наибольшее влияние на процесс старения текстильных материалов оказывают свет и влага. Наиболее светостойкими являются шерстяные изделия, наименее - шелковые. Из химических изделий наибольшей стойкостью к свету обладают полиакрилонитрильные и полиэфирные; у полиамидных изделий при длительном воздействии микроклимата значительно ухудшаются первоначальные свойства. Однако стойкость текстильных полотен к действию микроклимата зависит не только от их волокнистого состава, но и от строения и, в большей степени, от окончательной отделки.

В настоящее время стойкость текстильных материалов к действию микроклимата изучают в естественных условиях, при которых факторы старения

зависят от метеорологических условий (естественная инсоляция) и искусственных условиях, которые создаются в аппаратах искусственной погоды (АИП).

При испытаниях по первому методу образцы изделий выдерживают на крышах, расположив их в южном направлении под углом 45 к горизонту. Такие испытания дают несравнимые результаты, так как метеорологические условия при этом различны. Кроме того, стендовые испытания очень длительны (они проводятся в течение нескольких месяцев). Испытания текстильных полотен на старение при искусственной инсоляции проводят на специальных приборах - федометрах, фьюджитометрах и везерометрах, в которых пробы полотен подвергаются облучению и дождеванию. Это приборы камерного типа; они включают в себя искусственный источник излучения, орошения и нагревания, а также устройство для поддержания постоянной температуры и влажности в камере. Отличаются такие приборы, главным образом, источником света (угольно - дуговые, ртутно-кварцевые, люминесцентные и с ксеноновыми лампами). В качестве критерия износа используют так же изменение стойкости материала к истиранию и изгибу.

Во время стирки и химической чистки материалы одновременно испытывают воздействия физико-химических и механических факторов. Показатели устойчивости к стирке применяют, для оценки надежности текстильных изделий, которые в процессе эксплуатации периодически подвергаются стирке. Процессы, происходящие в материалах при стирке связанные с деструкцией полимеров текстильных волокон, происходят под воздействием влаги, температуры, моющих веществ и механических воздействий. При химической чистке на изделия действуют различные химические реагенты и механические воздействия. Критериями износа от стирки и химической чистки служат обычно изменение прочности, устойчивости окраски, устойчивости к истиранию и изменение линейных размеров изделия.

Один из существенных факторов износа материалов - биологические разрушения. К биологическому износу относят нарушения целостности материалов под воздействием различных микроорганизмов и насекомых.

Повреждение изделий микроорганизмами происходит при хранении, транспортировке и эксплуатации при наличии для них питательной среды, влаги и благоприятной температуры. Развитие бактерий, грибков, плесени вызывает уменьшение прочности, выносливости и устойчивости к трению, а так же портится внешний вид, изменяется окраска и блеск. Наиболее восприимчивы к разрушениям микроорганизмами материалы из целлюлозных волокон, менее восприимчивы из шерсти и натурального шелка; совсем не разрушаются материалы из синтетических нитей. Для предупреждения биологического износа изделия обрабатывают специальными антисептиками или хранят при пониженной относительной влажности воздуха.

Разрушение ткани в условиях эксплуатации является весьма сложным процессом. Особенно это относится к тканям, применяемым для изготовления шахтерской спецодежды, которая в процессе носки подвергается воздействию различных механических, физико-химических и биологических факторов. Опыт применения шахтерской спецодежды показал, что наиболее интенсивный износ ее происходит от механического воздействия окружающей среды, главным образом, от истирания при динамическом контакте спецодежды с породами почвы и кровли, абразивными материалами в виде породной и угольной крошки, выемочными механизмами. Особенно это проявляется в шахтах, разрабатывающих маломощные пласты пологого залегания. В работах ряда авторов приводятся данные, подтверждающие, что наиболее интенсивному износу подвергаются локтевые участки курток, низки передних полочек, коленные участки курток, низки передних полочек, коленные участки и места сидения на брюках, низки брюк [62].

Это связано с горно-геологическими и горнотехническими условиями труда шахтеров. Поэтому, исследование эксплуатационных свойств тканей в условиях шахт, разрабатывающих маломощные и крутопадающие пласты, является наиболее целесообразным, так как при этом спецодежда шахтеров находится в значительно худших условиях, в связи с тем, что подвергается более интенсивному воздействию механических факторов, чем при эксплуатации ее в шахтах, разрабатывающих пологие мощные и средней мощности пласты. Учитывая это, для проведения

исследований были выбраны шахты ГП «Макеевуголь» с различными горно-геологическими и горнотехническими условиями, приведенными в первом разделе.

Исследования эксплуатации спецодежды шахтеров различных профессий, традиционно применяемой в угольной промышленности и изготовленной из натуральных волокон, износ их на маломощных значительно интенсивнее, чем на пологих пластах (таблица 4.2). Причем, время эксплуатации брюк на 30-50%, а на антрацитах на 70% меньше времени эксплуатации курток [72]. Аналогичная ситуация возникает и на крутопадающих пластах.

Таблица 4.2 – Результаты исследования износа спецодежды шахтеров различных профессий

Наименование профессий	Износ спецодежды (количество месяцев)			
	куртка		Брюки	
	пологие пласты	маломощные пласты	пологие пласты	маломощные пласты
Проходчики	5,55±0,18	4,15±0,12	4,58±0,17	3,27±0,17
Рабочие шахтного транспорта	5,55±0,15	4,11±0,14	4,57±0,19	3,15±0,11
Прочие рабочие добычных участков	5,53±0,15	3,97±0,18	3,28±0,19	2,36±0,2
Прочие подземные рабочие	6,24±0,17	4,02±0,16	3,06±0,13	2,0±0,12

В целом ряде работ [37,73] отмечается, что наиболее полное представление об износостойкости тканей можно получить при их опытной носке. Длительные наблюдения за поведением тканей в эксплуатации позволяют выявить топографию износа изделий, видимые изменения поверхности ткани и срок ее носки, представляется также возможность оценить более подробно условия эксплуатации ткани. Методика проведения опытных носок изложена в указанных работах. В этих работах подчеркивается, что проведение опытной носки связано с большими затратами времени и средств. Но и в этом случае достоверные результаты можно получить лишь при условии, если в носке одновременно находится достаточное

число изделий из ткани соответствующего образца, и опытная носка изделий и носка проводится в одинаковых условиях эксплуатации спецодежды.

До выхода изделий из носки изучение ограничивается, по существу, описанием изменения внешнего вида ткани методом органолептической оценки, так как известные в настоящее время объективные методы оценки тканей (за исключением определения водо- и воздухопроницаемости, толщины, а также опорной поверхности) связаны с полным или частичным разрушением образца. Условия проведения опытной носки не стабильны, и поэтому трудно, а иногда и невозможно получить воспроизводимые результаты. Это происходит вследствие того, что имеется ряд факторов, не зависящих от экспериментатора: окружающая среда, индивидуальные особенности людей, носящих изделия, изменение производственных процессов, переменный характер нагрузок и т. п.

Значительно уменьшить материальные затраты и сократить время опытной носки нам позволил метод нашивок из испытуемой ткани. При этом отпала необходимость в выдаче в носку изделий из дорогостоящих тканей, поскольку изделие не подвергалось разрушению с целью вырезки из него образцов ткани для проведения соответствующих лабораторных испытаний.

Располагая нашивки на изделие в местах, подвергающихся наиболее интенсивному износу, определяемых горно-геологическими и горнотехническими условиями труда (локтевые участки на куртках, область колен и места сидения на брюках и т. д.), можно, не дожидаясь полного выхода из носки изделия, получить данные об износе той или другой ткани. Критерием оценки износостойкости ткани в данном случае, по аналогии с общепринятым критерием оценки устойчивости тканей к истиранию, может служить появление первой сквозной протертости площадью от 1 до 2 см<sup>2</sup>. Это свидетельствует о том, что спецодежда пришла в негодность и дальнейшей эксплуатации не подлежит. Сравнительным показателем при этом будет время (рабочие смены), прошедшее с момента начала опытной носки до появления первой сквозной протертости указанной площади. Такой подход к решению поставленной задачи позволяет сократить время эксперимента,

более концентрированно дать оценку износостойкости различных тканей и выявить фактические сроки эксплуатации той или другой ткани.

В соответствии с принятым критерием оценки эксплуатационных свойств тканей (появление первой сквозной протертости площадью 1-2 см<sup>2</sup>) и выбранным методом их испытания (метод нашивок) исследованию были подвергнуты 12 тканей, из которых 4 хлопчатобумажные (арт. 3289, 3251, 3245, 3293), а 8 – льняные (арт.11206, 11201, 11119, 11110, 11217, 11104, 11121, 11224). Пять из вышеперечисленных тканей (арт. 3251, 3293, 3245, 11121, 11224) имели добавки синтетических волокон (капрон) в количестве от 8% до 15% (таблица 2.1).

Для проведения испытаний из каждой ткани было вырезано по 10 образцов размером 250x350 мм, которые нашивались на левую и правую половины брюк в области колен. При этом фиксировались: дата выдачи в носку брюк с нашивками, дата появления первой сквозной протертости на правой и левой нашивках, число календарных дней и рабочих смен, прошедших с момента начала опытной носки до появления сквозной протертости. Результаты испытаний приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Результаты экспериментальной носки образцов тканей

Артикул ткани	Число календарных дней носки	Число рабочих смен носки
Ткани с синтетическими волокнами		
11224	116	101
11121	57	49
3293	75	65
3245	43	36
3251	40	34
Среднее число	66	57
Ткани без добавок синтетических волокон		
11104	68	58
11119	67	54
11110	66	55
11217	66	56
11201	58	50
11206	59	49
3289	54	46
Среднее число	62	51

Анализ полученных данных показал, что в среднем, срок эксплуатации тканей с добавками капронового волокна больше, примерно, в 1,12 раза, чем срок эксплуатации тканей без добавки синтетических волокон. Количественно это выражается в следующих цифрах: 57 рабочих смен для тканей с добавками направленного волокна и 51 рабочая смена для тканей без добавки синтетических волокон (таблица 4.3).

Более ощутимое различие в сроках носки наблюдается при сравнении тканей между собой по артикулам (таблица 4.4). приняв за 100 % срок эксплуатации ткани арт.3289, изготовленной только из хлопчатобумажного волокна, срок носки хлопчатобумажной ткани арт.3293, имеющей 15% капронового волокна, составит 141,3%, что дает разницу в сроках эксплуатации в 1,4 раза. Исключение составляют ткани арт.3251 и 3245, которые хотя и имеют добавки синтетических волокон, по эксплуатационным свойствам уступают тканям арт. 3289 и 3293.

Таблица 4.4 – Результаты исследований носки образцов из хлопчатобумажных и льняных тканей

Артикул ткани	Число рабочих смен носки	%-ное отношение рабочих смен
Хлопчатобумажные ткани		
3289	46	100,0
3251	34	73,9
3245	36	78,3
3293	65	141,3
Льняные ткани		
11206	49	100,0
11121	49	100,0
11201	50	102,0
11119	54	110,2
11110	55	112,2
11217	56	114,3
11104	58	118,4
11224	101	206,1

Сравнение между собой льняных тканей также показывает тенденцию к увеличению сроков эксплуатации тканей при введении добавок синтетических



волокон. При этом носки тканей с добавками синтетических волокон увеличивается в 1,7-2,0 раза.

Полученные данные согласуются с результатами производственных испытаний, полученных в МакНИИ [74]. Испытание двух тканей опытных образцов: вар.2- капроновая, вар.6 (обр. 1070) – льнокапроновая, которые предназначенные для изготовления усилительных нашивок курток и брюк показало, что наиболее износостойкими тканями в данном случае оказались льнокапроновая ткань вар.6 (обр.1070) и капроновая ткань вар.2. При этом срок носки тканей с добавками синтетических волокон также был больше в 1,5 – 2,0 раза, по сравнению со сроками носки тканей без добавок синтетических волокон (арт.11110, 3289 и др.).

#### **4.2 Обоснование показателей износостойкости тканей спецодежды шахтерской по результатам лабораторных исследований.**

Исследования, проведенные в рамках настоящей работы, показали, что разрушение спецодежды до полного износа, при работе в шахтных условиях, приводит к микротравмированию кожи шахтеров в местах истирания с последующим возникновением пиодермитов. При анализе локализации пиодермитов по анатомо-топографическим зонам тела горнорабочих установлено, что чаще поражаются участки кожных покровов в местах наибольшего износа спецодежды [35]. Это в основном латеральные области нижних (голень, бедро) и верхних конечностей (предплечье, локоть), составляющих соответственно более 50 % и около 25 % [75]. Различные условия эксплуатации спецодежды приводят к неодинаковой степени ее износа. Наиболее интенсивно спецодежда изнашивается при работах на маломощных пластах, менее интенсивно – на пластах большой мощности [37]. Степень износа спецодежды по результатам эксплуатации определяют сроки ее носки, поскольку меняются эксплуатационные,

гигиенические и эргономические свойства ткани. Поэтому такой показатель, как износостойкость ткани, характеризует эксплуатационные свойства спецодежды.

Степень износа определяют снижением поверхностной плотности ткани за счет ее истончения в местах интенсивного трения и измеряют в граммах на квадратный метр. Поверхностная плотность (масса  $1 \text{ м}^2$ ) ткани зависит от линейной плотности нити основы и утка и влияет на такие показатели, как износостойкость, проруб нити иглой швейной машины, раздвижка ткани возле шва, осыпание [37].

Для обоснования показателей износостойкости в лабораторных условиях, были исследованы различные по структуре и составу ткани, характеристики которых (артикулы исследуемых тканей, наименование и характеристики их показателей и единицы измерения) приведены в таблице 4.5.

Проводили исследования, как новых тканей, так и подвергшихся истиранию на экспериментальном приборе истирания тканей (ПИТ), разработанного и изготовленного в рамках настоящей работы и предназначенного для испытания тканей на стойкость к истиранию. Прибор позволяет оценить степень изменения эксплуатационных и гигиенических характеристик спецодежды, в зависимости от количества циклов истирания. Испытания тканей на приборе ПИТ производилось в соответствии Методикой определения стойкости тканей для шахтерской спецодежды к истиранию разработанной в рамках настоящей работы и утвержденной в установленном порядке (приложение Г).

Сущность метода заключается в определении количества циклов истирания, выдерживаемых тканью до разрушения одной-двух нитей (для фильтровальных и многослойных тканей) или до образования дыры (для других видов технических тканей).

При планировании эксперимента, с целью определения достоверности выборки было рассчитано среднее квадратическое отклонение по ряду показателей, характеризующих ткань. Показатели массы ткани «Горизонт» приведены в таблице 4.6.

Таблица 4.5 – Физико-технические характеристики тканей

Наименование показателя	Единица измерения	Величина показателя					НД на метод испытания	
		Ткань «Горизонт» арт. С1-ЮД	Ткань «Шахтер» арт. С 34-БЮ	Ткань «Премьер Cotton 250» арт. 10407	Ткань х/б арт. 3110	ткань диагональ арт. С36		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 Состав сырья	%	ВХ - 75 % ВПЭФ – 25 %	ВХ - 75 % ВПЭФ – 25 %	ВХ-100%	ВХ-100%	ВХ- 100 %	по маркировке	
2 Поверхностная плотность	г/м <sup>2</sup>	425	405	274	259	220	ГОСТ 3811 [76]	
3 Разрывная нагрузка, не менее:								
по основе	Н	992	1649	894	684	553	ГОСТ 3813[77]	
по утку	Н	716	804	695	304	502		
4 Раздирающая нагрузка, не менее:								
по основе	Н	67	140	29	32	25	ГОСТ 3813[77]	
по утку	Н	58	74	28	29	30		
5 Стойкость к истиранию по плоскости (абразив): – серошинельное сукно, не менее	число циклов	7623	7520	4405	1318	3273	ГОСТ 18976 [78]	
6 Воздухопроницаемость, не менее	дм <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> с	62	26,6	29,1	60,4	64	ГОСТ12088 [79]	
7 Изменение размеров после мокрой обработки, не более:								
по основе	%	– 2,5	0,75	– 0,5	– 0,5	– 1,8	ГОСТ 8710 [80]	
по утку	%	– 1,0	0	+ 0,5	+ 0,5	– 0,8		
8 Водупорность по пенетрометру, не менее	мм вод.ст.	201	232				ГОСТ 3816 [81]	
9 Гигроскопичность	%	7,2	6,0	7,9	7,2	7,0		
10 Пылепроницаемость: I группа защиты	г/м <sup>2</sup>	27	26,1				ГОСТ 17804 [82]	
		I группа защиты	I группа защиты					

Таблица 4.6 - Распределение ткани «Горизонт» по массе для расчета величины среднего квадратического отклонения ( $\sigma$ ).

Масса ткани V г/м <sup>2</sup>	Число измерений P	V·P	d	d <sup>2</sup>	d <sup>2</sup> p
423	1	423	1,8	3,24	3,24
424	3	1272	0,8	0,64	1,92
425	11	4675	-0,2	0,04	0,44
426	2	852	-1,2	1,44	2,88
<b>M=424,8</b>	<b>n=17</b>	<b>∑vP=7222</b>			<b>∑ d<sup>2</sup>p=8,48</b>

Исходя из данных, приведенных в таблице 4.6, рассчитываем величину среднего квадратического отклонения ( $\sigma$ ):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum d^2 p}{n-1}} = 0,73; \quad 2 \sigma = \pm 1,46 \text{ г/м}^2; \quad ; \quad 3 \sigma = \pm 2,19 \quad (4.1)$$

Как видно из результатов расчета, 95,5% всех вариантов находятся в пределах  $M \pm 2\sigma$ , т. е., средняя величина является характерна для данного ряда ( $M=424,8-1,46 \approx 423$ ;  $M=424,8+1,46 \approx 426$ ) и не требуется увеличивать число наблюдений в совокупности.

С целью исследования отличия результатов, полученных нами при выборочном исследовании от результатов, которые могли бы быть получены при проведении сплошного исследования генеральной совокупности, была определена ошибка репрезентативности ( $m$ ) по формуле:

$$m_M = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \pm 0,18 \quad (4.2)$$

Используя ошибку репрезентативности определяем доверительные границы средней величины массы тканей ( $M_2$ ) в генеральной совокупности, выход за пределы, которых вследствие случайных колебаний имеет незначительную вероятность.

$$M_2 = M_1 \pm t m_M \quad (4.3)$$

где:  $t$  - доверительный критерий, устанавливается по таблице значений критериев  $t$  по Плохинскому;

$M_1$  - средняя арифметическая величина признака;

Установлено, что с вероятностью безошибочного прогноза  $p=95\%$  масса ткани в генеральной совокупности не превышает 424,82 г. и не ниже 424,42 г., при  $p=99\%$  - 425,32 и 424,28, а при  $p=99,9\%$  - 425,52 г. и 424,08 г. соответственно.

Проведенные расчеты по формулам (4.1-4.3) позволили установить, что число наблюдений ( $n$ ) необходимых для получения достоверных величин определяется по формуле:

$$n = \frac{t^2 \cdot \sigma^2}{\Delta^2}; \quad (4.4)$$

где:  $t$ -критерий достоверности при 17 измерениях, при  $p=95\%$  по таблице Плохинского для трех степеней вероятности равен  $t=2,1$ ;

$$\Delta = tm_M.$$

Подставляя значения, получаем -  $n = 16,79$ ,

При  $p=99\%$   $t=2,9$  -  $n = 16,44$ .

При  $p=99,9\%$   $t=4,0$  -  $n = 16,45$ .

В рамках планирования эксперимента, проведенные расчеты позволили установить, что 17 измерений достаточны для получения достоверных данных и достижения цели данного исследования. Аналогичные данные были получены и по другим тканям, приведенным в таблице 4.5

Целью лабораторных исследований, проводимых в рамках настоящей работы, являлось установление зависимостей между изменениями базовой переменной (поверхностной плотностью тканей) и зависимыми от нее переменными. Для проведения лабораторных исследований нами были выбраны две наиболее часто используемых в угольной промышленности ткани для пошива спецодежды шахтерской «Шахтер» и «Горизонт». В качестве зависимых переменных рассматривались показатели тканей, приведенные в таблицах 4,7 и 4,8.

В лабораторных условиях проведены исследования истончения ткани в зависимости от степени ее истираемости абразивными материалами. В качестве такого материала использовали серо-шинельное сукно. При определении поверхностной плотности ткани измеряли длину и ширину пробы с последующим взвешиваем. Критерии стойкости к истиранию – количество циклов истирающих

воздействий до разрушения материала (образования потертостей, дыр, обрывов образца и т.п.).

Таблица 4.7 – Изменения характеристик ткани «Горизонт» в зависимости от степени износа

Сроки носки (месяцы)	Остаговая поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Воздухопроницаемость, дм <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> ·с	Гигроскопичность, %	Пылепроницаемость, г/м <sup>2</sup>	Водоупорность, мм.вод.ст	Разрывная нагрузка, Н		Раздирающая нагрузка, Н	
						основа	уток	основа	уток
0	425	62	7,2	27	201	<u>992</u> 716	<u>67</u> 58		
1000	399,5	64,48	7,056	27,81	192,96	<u>892,24</u> 694,52	<u>64,99</u> 52,26		
2000	357	69,44	6,84	29,16	180,9	<u>842,64</u> 658,72	<u>61,64</u> 53,26		
3000	310,25	75,64	6,336	31,59	160,8	<u>763,28</u> 601,44	<u>56,28</u> 48,72		
4000	250,75	89,9	5,616	36,45	134,67	<u>644,24</u> 515,52	<u>47,57</u> 41,18		
5000	174,25	130,2	4,608	47,79	104,52	<u>495,44</u> 408,12	<u>36,85</u> 31,9		
6000	89,25	185,38	2,808	71,82	54,27	<u>277,2</u> <u>250,6</u>	<u>20,77</u> 17,98		
7000	0	247,38	0	98,82	0	<u>0</u> 0	<u>0</u> 0		

Испытания тканей на стойкость к истиранию на плоскости проводились на приборе для истирания тканей (ПИТ), разработанном и изготовленном в рамках настоящей работы, при помощи которого проводили испытания на износостойкость по методике испытаний, распространяющейся на технические ткани и устанавливающей метод определения стойкости к истиранию по плоскости.

Сущность метода заключается в определении количества циклов истирания, выдерживаемых тканью до разрушения одной-двух нитей (для фильтровальных и многослойных тканей) или до образования дыры (для других видов технических тканей). Исследование степени износостойкости тканей проводили через каждые

1000 циклов (таблицы 4,7 и 4,8) с последующим расчетом процента износа ткани. При проведении очередного испытания брали новый образец ткани из того же куска. В зависимости от количества циклов истираний рассчитывали остаточную поверхностную плотность тканей.

Таблица 4.8 – Изменения характеристик ткани «Шахтер» в зависимости от степени износа

Сроки носки (месяцы)	Остаточная поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Воздухопроницаемость, дм <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> с	Гигроскопичность, %	Пылепроницаемость, г/м <sup>2</sup>	Водоупорность, мм.вод.ст	Разрывная нагрузка, Н		Раздирающая нагрузка, Н	
						основа	уток	основа	уток
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>		<b>8</b>	
0	405,00	26,6	6	26,1	232	<u>1649</u> 804		<u>140</u> 74	
1000	380,70	27,398	5,88	27,405	225,04	<u>1616,02</u> 787,92		<u>137,2</u> 72,52	
2000	344,25	29,529	5,64	29,754	180,12	<u>1550,06</u> 755,76		<u>131,6</u> 69,56	
3000	299,70	32,718	5,22	33,408	161,56	<u>1434,63</u> 699,48		<u>121,8</u> 64,38	
4000	238,95	41,762	4,56	40,191	131,4	<u>1236,75</u> 603		<u>105</u> 55,5	
5000	170,10	59,052	3,66	51,678	94,28	<u>1005,89</u> 490,44		<u>79,8</u> 42,18	
6000	93,15	80,332	2,4	75,429	33,96	<u>643,11</u> 313,56		<u>44,8</u> 23,68	
7000	0,00	106,932	0	101529	0	<u>0</u> 0		<u>0</u> 0	

Как видно из данных расчета величины износа, после первой 1000 истираний потеря плотности по двум тканям составила (6-6,5) %, в то время как потеря плотности тканей после 6000 циклов составила (77-78,9) %. Нарастание процента износа объясняется, помимо износа самой структуры ткани, снижением массовой доли пропитки (влагостойкой, противогнилостной и т.д.). Как видно из рисунка 4.1, показатели стойкости тканей к истиранию на начальных циклах несколько выше у ткани «Горизонт».

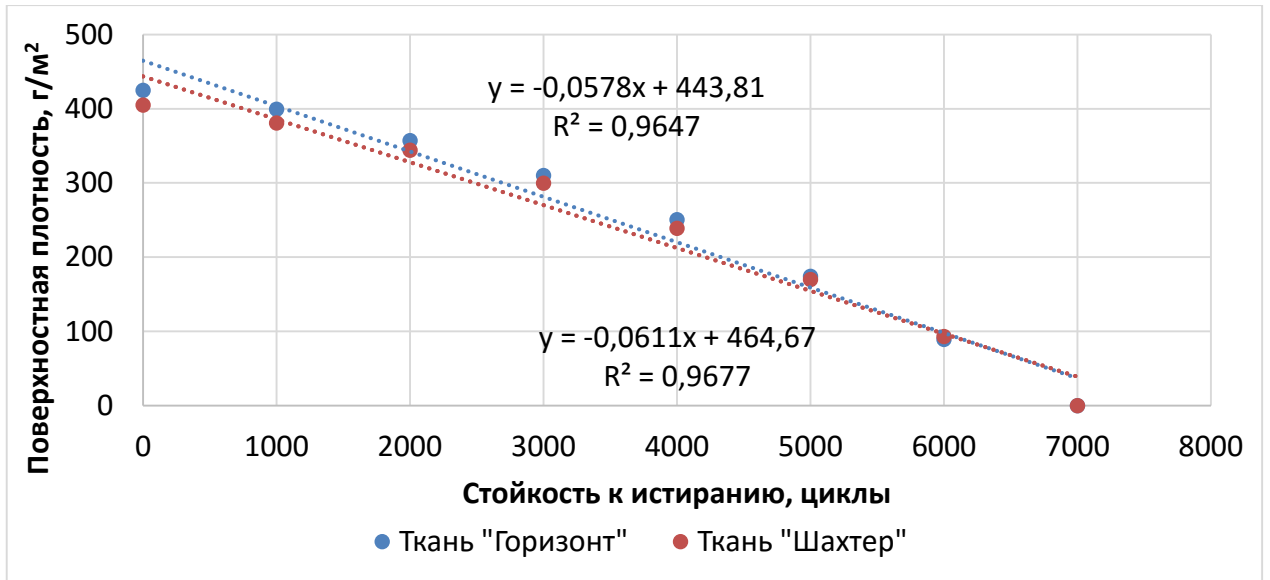


Рисунок 4.1 – Зависимость потери массы тканей от их истираемости.

Получены уравнения регрессии, описывающие зависимости снижения поверхностной плотности тканей «Горизонт» и «Шахтер» от степени их истираемости:

$$y = -0,0578x + 443,81 \quad (4.5)$$

$$y = -0,0611x + 464,67 \quad (4.6)$$

Коэффициент детерминации, принимающий значения от 0 до 1 и равный квадрату множественного коэффициента корреляции между базовой переменной и зависимыми от нее переменными по ткани «Горизонт»  $R^2 = 0,9647$ , по ткани «Шахтер»  $R^2 = 0,9677$ . При оценке степени связи двух переменных принимаем во внимание следующее условие: чем ближе значение коэффициента к 1, тем сильнее зависимость. При оценке регрессионных моделей это интерпретируют как соответствие модели анализируемым данным. Для приемлемых моделей предполагается, что коэффициент детерминации должен быть не менее 50 % (в этом случае коэффициент множественной корреляции превышает по модулю 70 %). Модели с коэффициентом детерминации выше 80 % можно признать достаточно хорошими (коэффициент корреляции превышает 90 %) [46], что имеет место в описываемом случае.

Для того чтобы определить, каким образом снижение показателей поверхностной плотности тканей влияет на изменение защитных, гигиенических,



эргономических и других показателей ткани, характеризующих ее соответствие установленным нормам, были исследованы степени зависимости пылепроницаемости, воздухопроницаемости, гигроскопичности, водоупорности, разрывной и раздирающей нагрузки ткани от степени ее истираемости, выраженной показателями поверхностной плотности ткани.

На рисунках 4.2 и 4.3 приведены графики, отражающие зависимости изменения уровней воздухопроницаемости тканей от потери их массы при различных циклах истираний.

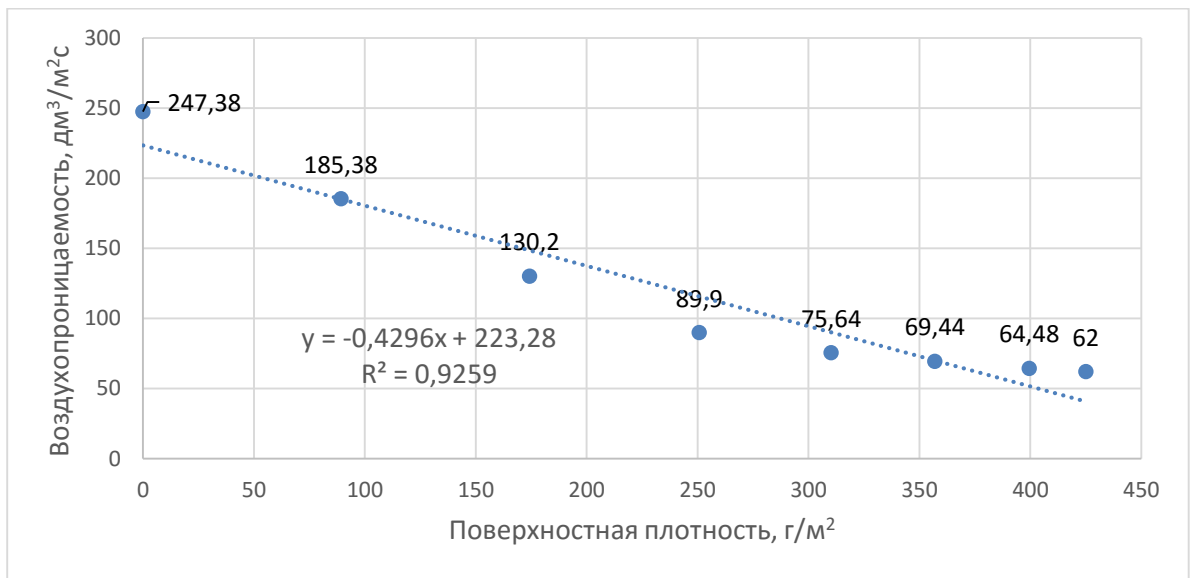


Рисунок 4.2 – Зависимость изменения уровней воздухопроницаемости ткани «Горизонт» от потери ее массы.

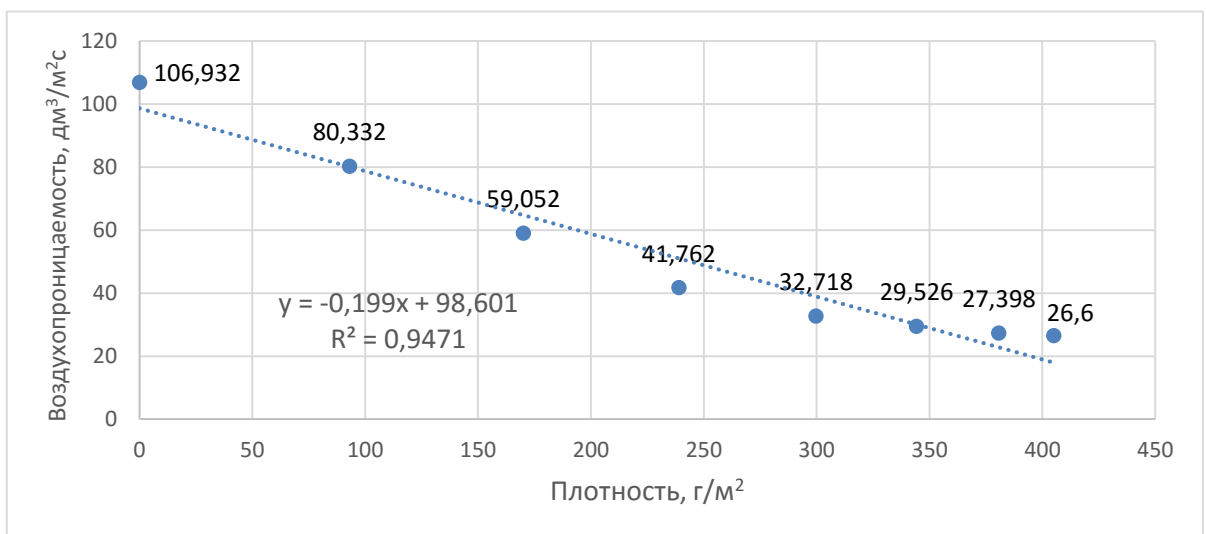


Рисунок 4.3 – Зависимость изменения уровня воздухопроницаемости ткани «Шахтер» от потери ее массы.

Как видно из графиков, показатели воздухопроницаемости ткани «Горизонт» изначально значительно выше, чем у ткани «Шахтер» и с потерей массы возрастает значительно интенсивнее, превышая на последних циклах истирания более, чем в 2 раза.

Получены уравнения регрессии, описывающие зависимость изменения уровней воздухопроницаемости тканей «Горизонт» и «Шахтер» от степени их истираемости (рисунок 4.2 и 4.3):

$$y = -0,4296x + 223,28 \quad (4.7)$$

$$y = -0,199x + 98,601 \quad (4.8)$$

Полученные коэффициенты детерминации ( $R^2 = 0,9259$ ,  $R^2 = 0,9471$ ) свидетельствует о наличии сильной обратной связи между воздухопроницаемостью и потерей массы ткани, пропорциональной количеству циклов ее истирания.

Затем были исследованы зависимости пылепроницаемости исследуемых тканей от изменения показателей поверхностной плотности. Получены соответствующие уравнения регрессии, описывающее зависимость изменения уровня пылепроницаемости тканей «Горизонт» и «Шахтер» от степени истираемости ткани (рисунок 4.4 и 4.5).

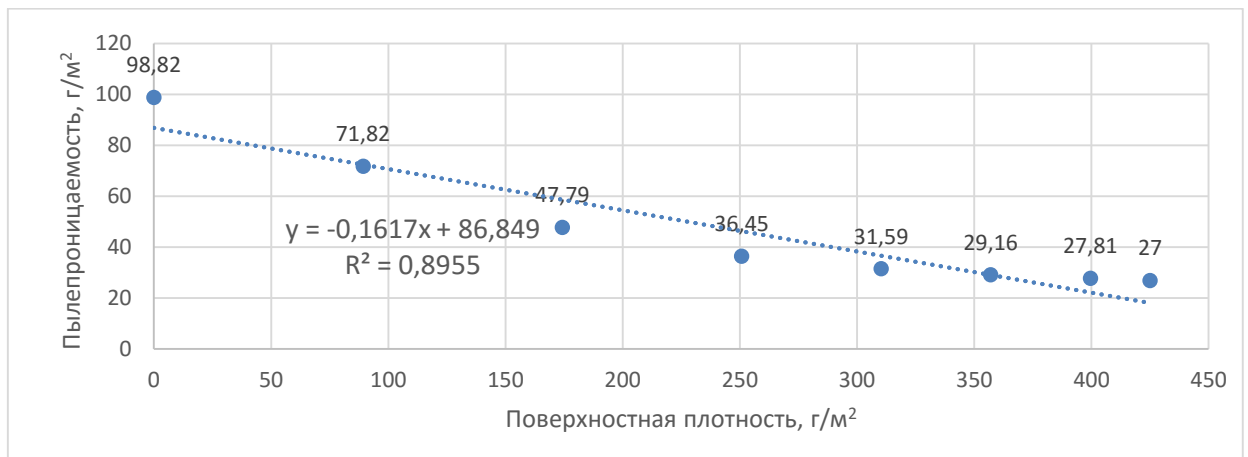


Рисунок 4.4 – Зависимость изменения уровня пылепроницаемости ткани «Горизонт» от потери массы.

$$y = -0,1617x + 86,849 \quad (4.9)$$

$$y = -0,189x + 99,654 \quad (4.10)$$

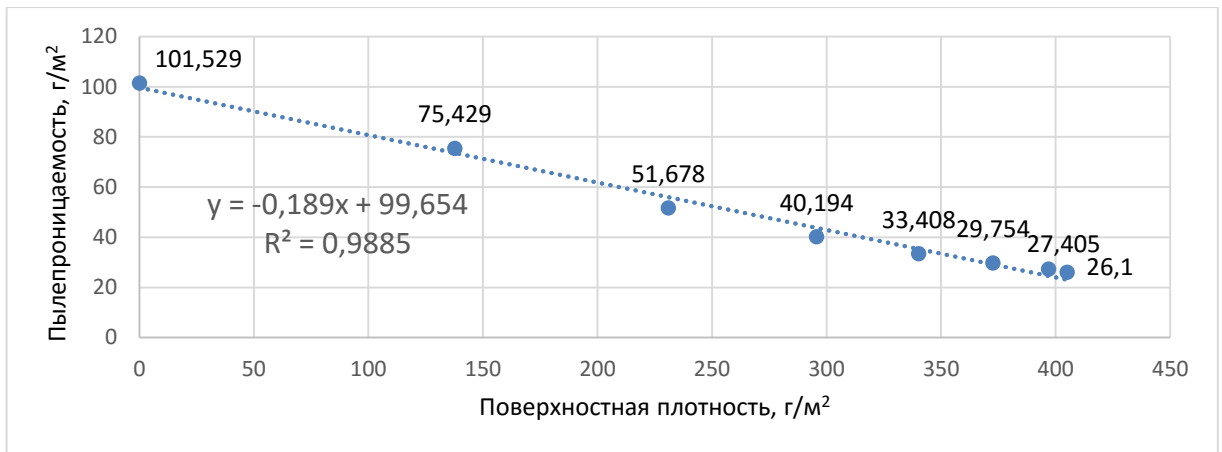


Рисунок 4.5 – Зависимость изменения уровня пылепроницаемости ткани «Шахтер» от потери массы.

Полученные коэффициенты детерминации ( $R^2 = 0,8955$  и  $R^2 = 0,9885$ ) свидетельствует о наличии сильной обратной связи между пылепроницаемостью и потерей массы ткани, пропорциональной количеству циклов ее истирания. Как следует из графиков, пылепроницаемость обеих тканей приблизительно одинакова, и рост ее показателей со снижением массы тканей различается несущественно.

Затем были исследованы зависимости гигроскопичности исследуемых тканей, т. е., их способностей сорбировать на своей поверхности водяные пары, от изменения показателей поверхностной плотности. Получены соответствующие уравнения регрессии, описывающие зависимость изменения уровня гигроскопичности тканей «Горизонт» и «Шахтер» от степени истираемости ткани (рисунок 4.6 и 4.7).

$$y = 0,016x + 1,03 \quad (4.11)$$

$$y = 0,0141x + 0,76 \quad (4.12)$$

Полученные коэффициенты детерминации ( $R^2 = 0,9373$  и  $R^2 = 0,9521$ ) свидетельствует о наличии сильной прямой связи между гигроскопичностью и потерей массы ткани, пропорциональной количеству циклов ее истирания. Как следует из графиков, гигроскопичность обеих тканей приблизительно одинакова и рост ее показателей со снижением массы тканей различается несущественно.

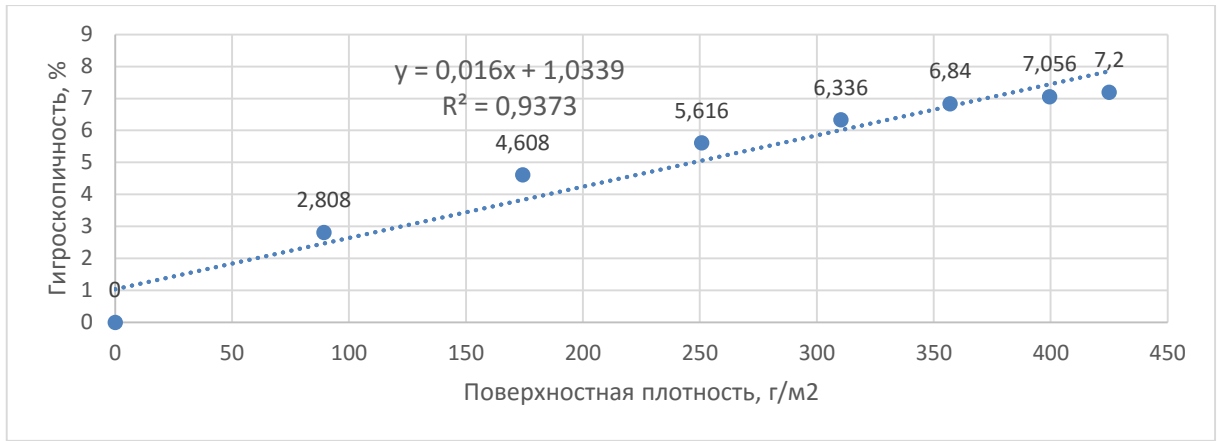


Рисунок 4.6 – Зависимость изменения уровня гигроскопичности ткани «Горизонт» от потери ее массы.

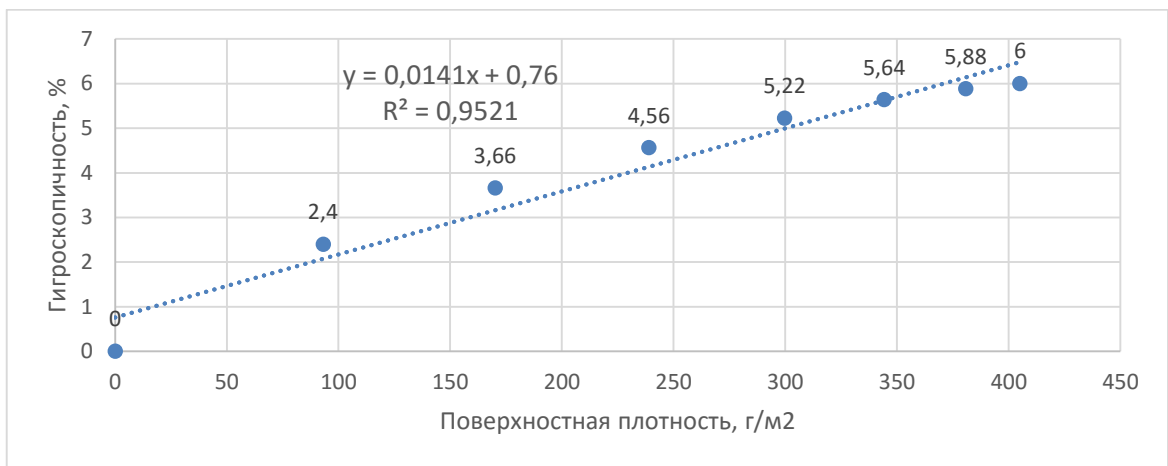


Рисунок 4.7 – Зависимость изменения уровня гигроскопичности ткани «Шахтер» от потери ее массы.

Как уже нами отмечалось выше, водозащитные свойства спецодежды, в основном, определяются водоупорностью ткани. Этот показатель ткани особенно важно учитывать, разрабатывая спецодежду для обводненных выработок шахт, с целью профилактики заболеваемости респираторными инфекциями и пневмониями.

Получены соответствующие уравнения регрессии, описывающие зависимость изменения уровня водоупорности тканей «Горизонт» и «Шахтер» от степени их истираемости (рисунок 4.8 и 4.9).

$$y = 0,4673x + 11,477 \quad (4.13)$$

$$y = 0,5848x - 8,9256 \quad (4.14)$$

Полученные коэффициенты детерминации ( $R^2 = 0,9877$  и  $R^2 = 0,9891$ ) свидетельствует о наличии сильной прямой связи между водоупорностью и потерей массы ткани, пропорциональной количеству циклов ее истирания. Как следует из графиков, водоупорность обеих тканей приблизительно одинакова и рост ее показателей со снижением массы тканей различается несущественно.

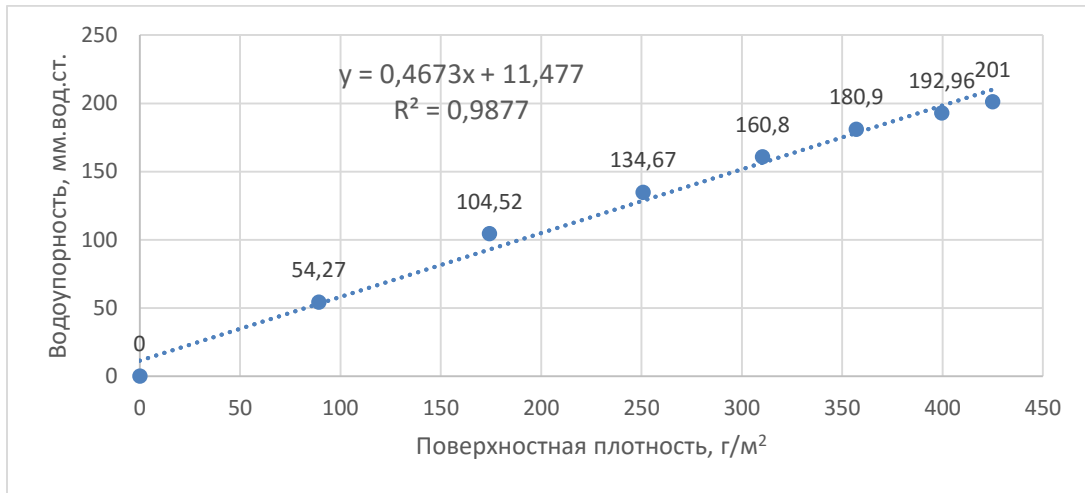


Рисунок 4.8 – Зависимость изменения уровня водоупорности ткани «Горизонт» от потери ее массы.

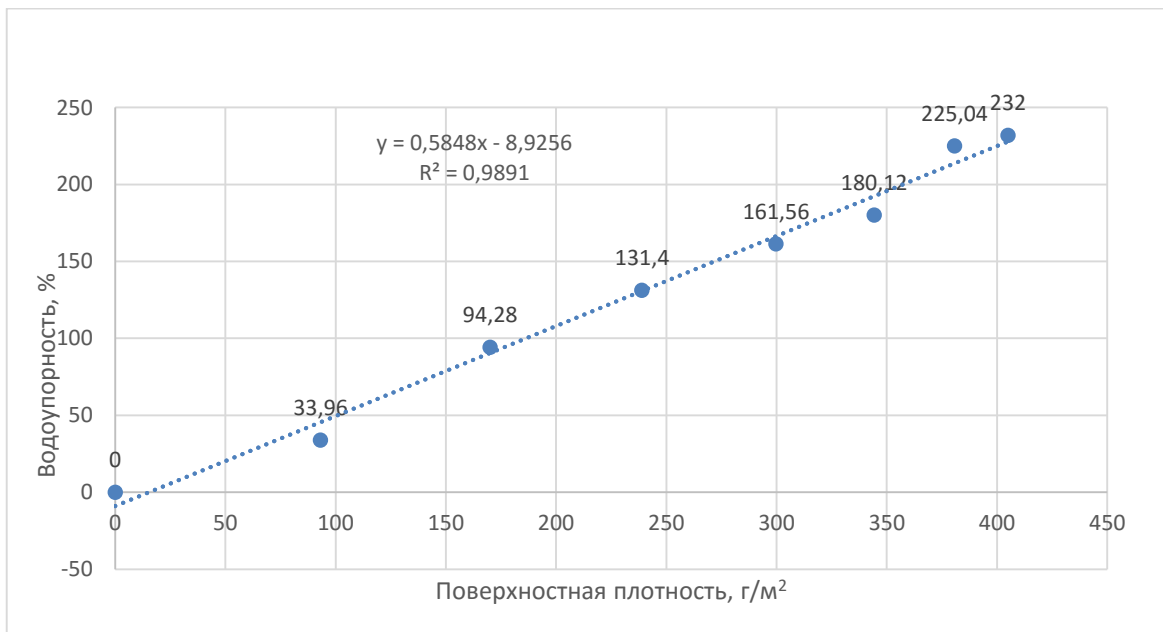


Рисунок 4.9 – Зависимость изменения уровня водоупорностью ткани «Шахтер» от потери ее массы.

Прочностные характеристики тканей являются важными показателями, характеризующими их стойкость к механическим воздействиям и существенно влияющими на эксплуатационные свойства спецодежды шахтерской. Прочность на разрыв и раздир – основные критерии, прочностных характеристик, как правило, определяются по двум параметрам – по основе и утку.

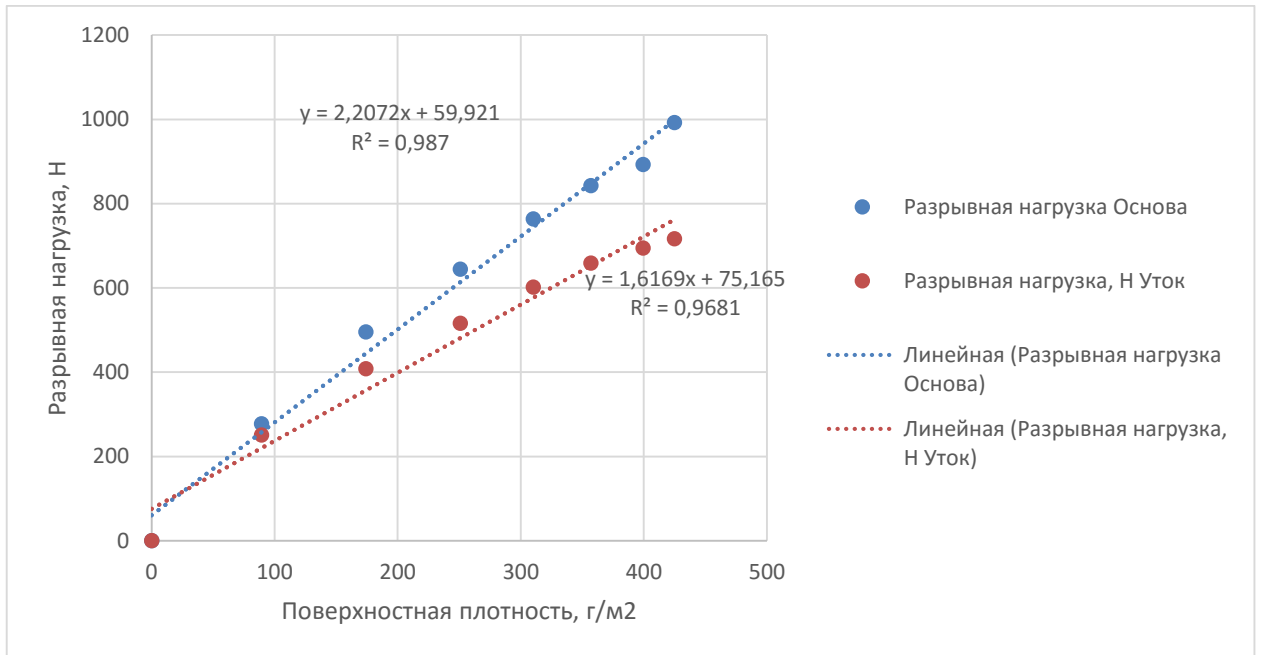


Рисунок 4.10 – Зависимость величины разрывной нагрузки спецодежды шахтерской из ткани «Горизонт» от потери ее массы.

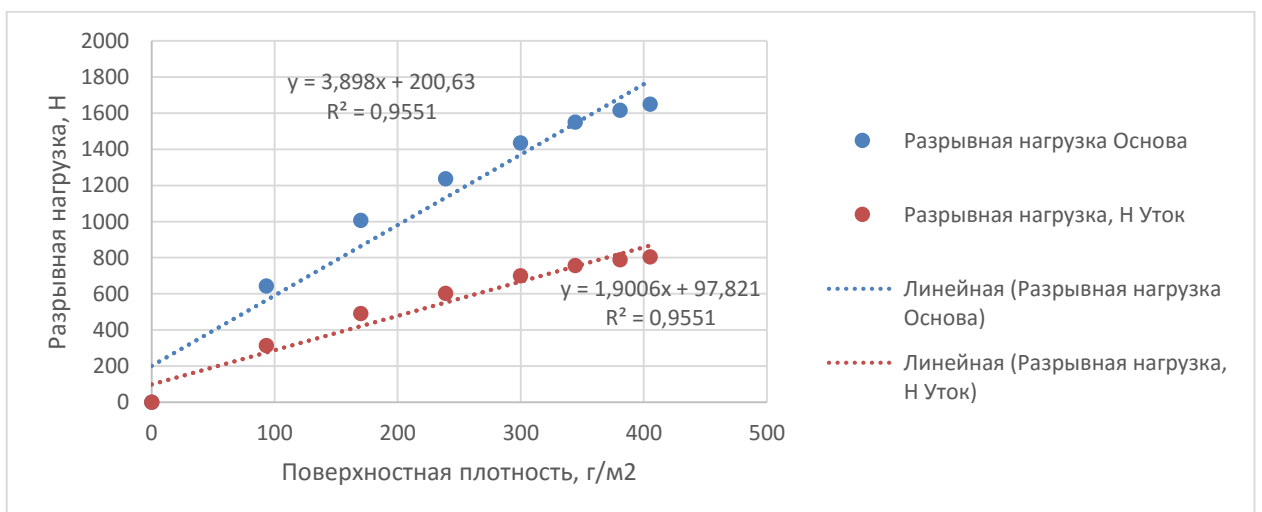


Рисунок 4.11 – Зависимость величины разрывной нагрузки спецодежды шахтерской из ткани «Шахтер» от потери ее массы.

Как видно из графиков, представленных на рисунках 4.10 и 4.11, показатели разрывной нагрузки по основе выше, чем по утку, причем, у ткани «Шахтер», они превышают более, чем в два раза. Очевидно также, что по этому показателю более прочной является ткань «Шахтер».

Получены соответствующие уравнения регрессии, описывающие зависимость изменения разрывной нагрузки тканей «Горизонт» и «Шахтер» (по основе и утку соответственно) от степени их истираемости (рисунки 4.10 и 4.11).

$$y = 2,2072x + 59,921 \quad (4.15)$$

$$y = 1,6169x + 75,165 \quad (4.16)$$

$$y = 3,898x + 200,63 \quad (4.17)$$

$$y = 1,9006x + 97,821 \quad (4.18)$$

Полученные коэффициенты детерминации по ткани «Горизонт» (основа -  $R^2 = 0,987$  и уток -  $R^2 = 0,9681$ ); по ткани «Шахтер» (основа -  $R^2 = 0,9551$  и уток -  $R^2 = 0,9551$ ) свидетельствует о наличии сильной прямой связи между разрывной нагрузкой и потерей массы ткани, пропорциональной количеству циклов ее истирания.

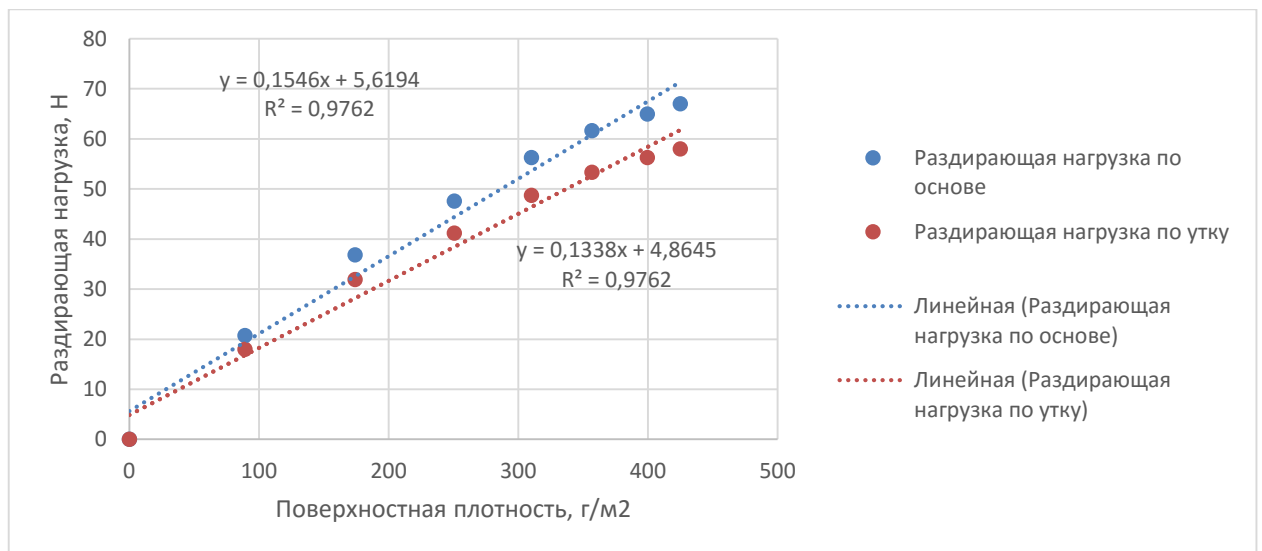


Рисунок 4.12 – Зависимость величины раздирающей нагрузки спецодежды шахтерской из ткани «Горизонт» от потери ее массы.





Разрывная нагрузка, основа	Н	<b>1059</b>	990	69	1225	166	1290	231
			995	64	1180	121	1285	226
			998	61	1195	136	1275	216
			1000	59	1200	141	1275	216
			1128	69	1210	151	1280	221
			1101	42	1270	211	1190	131
			1135	76	1295	236	1228	169
			1110	51	1258	199	1210	151
			1126	67	1265	206	1212	153
			1006	53	1242	183	1200	141
$\sum r_i$			<b>10589</b>	<b>611</b>	<b>12340</b>	<b>1750</b>	<b>12445</b>	<b>1855</b>
$1/n \sum r_i$			<b>1058,9</b>	<b>61,1</b>	<b>1234</b>	<b>175</b>	<b>1244,5</b>	<b>185,5</b>
Разрывная нагрузка, уток	Н	<b>712</b>	710	2	940	228	1050	338
			715	3	945	233	1050	338
			711	1	960	248	1070	358
			705	7	940	228	1095	383
			704	8	930	218	1055	343
			705	7	934	222	1050	338
			708	4	960	248	1055	343
			722	10	956	244	1050	338
			720	8	920	208	1030	318
			720	8	940	228	1040	328
$\sum r_i$			<b>7120</b>	<b>58</b>	<b>9425</b>	<b>2305</b>	<b>10545</b>	<b>3425</b>
$1/n \sum r_i$			<b>712</b>	<b>5,8</b>	<b>942,5</b>	<b>230,5</b>	<b>1054,5</b>	<b>342,5</b>
Стойкость к истиранию по плоскости серошинельным сукном	число циклов	<b>5523</b>	7594	2071	5478	45	7534	2011
			7697	2174	5562	39	7661	2138
			7624	2101	5546	23	7547	2024
			7644	2121	5518	5	7599	2076
			8410	2887	5574	51	7919	2396
			8305	2782	5487	36	7694	2171
			8349	2826	5532	9	7736	2213
			8240	2717	5500	23	7801	2278
			8296	2773	5554	31	7721	2198
			7596	2073	5477	46	7758	2235
$\sum r_i$			<b>79755</b>	<b>24525</b>	<b>55228</b>	<b>308</b>	<b>76970</b>	<b>21740</b>
$1/n \sum r_i$			<b>7975,5</b>	<b>2452,5</b>	<b>5522,8</b>	<b>30,8</b>	<b>7697</b>	<b>2174</b>
Шлифшкуркой			<b>173</b>		<b>118</b>		<b>113</b>	
Определение раздирающей нагрузки основа	Н	<b>66</b>	65	1	110	44	145	79
			70	4	108	42	150	84
			63	3	116	50	137	71
			65	1	122	56	150	84
			68	2	145	79	145	79
			65	1	128	62	149	83
			66	0	118	52	143	77
			70	4	122	56	158	92



Определение водоупорности после стирки	мм водного столба	<b>203</b>	204	1	220	17	210	7
			202	1	216	13	220	17
			200	3	218	15	210	7
			204	1	220	17	240	37
			200	3	228	25	220	17
			202	1	230	27	236	33
			200	3	230	27	240	37
			207	4	230	27	242	39
			207	4	230	27	238	35
			204	1	240	37	254	51
$\sum r_i$			2030	22	2262	232	2410	280
$1/n \sum r_i$			<b>203</b>	<b>2,2</b>	<b>226,2</b>	<b>23,2</b>	<b>241</b>	<b>28</b>
Определение пылепроницаемости	г/м <sup>2</sup>	<b>38,91</b>	26,08	12,83	12,65	26,26	10,4	28,51
			24,39	14,52	12,3	26,61	11,48	27,43
			25,82	13,09	15,85	23,06	16,97	21,94
			28,63	10,28	17,64	21,27	17,31	21,6
			26,18	12,73	25,86	13,05	24,72	14,19
			27,86	11,05	14,47	24,44	10,06	28,85
			26,17	12,72	14,7	24,21	8,53	30,38
			27,69	11,22	10,9	28,01	10,51	28,4
			27,71	11,2	12,12	26,79	11,9	27,01
			26,72	12,19	15,13	23,78	26,25	12,66
$\sum r_i$			267,25	121,83	151,62	237,48	148,13	240,97
$1/n \sum r_i$			<b>26,73</b>	<b>12,18</b>	<b>15,16</b>	<b>23,75</b>	<b>14,81</b>	<b>24,1</b>

Комплексная характеристика ткани была установлена по следующим показателям: разрывная нагрузка по основе ( $K_{рнo}$ ) и утку ( $K_{рнy}$ ), стойкость к истиранию по плоскости серошинельным сукном ( $K_{си}$ ), раздирающая нагрузка по основе ( $K_{рднo}$ ) и утку ( $K_{рднy}$ ), воздухопроницаемость ( $K_{в}$ ), водоупорность до стирки ( $K_{вдс}$ ) и после стирки ( $K_{впс}$ ), пылепроницаемость ( $K_{п}$ ), что легло в основу определения интегрального комплексного показателя для тканей ( $I$ ) по формуле:

$$I = \frac{1}{K_{рнo} \cdot K_{рнy} \cdot K_{си} \cdot K_{рднo} \cdot K_{рднy} \cdot K_{в} \cdot K_{вдс} \cdot K_{впс} \cdot K_{п}}; \quad (4.21)$$

Комплексная оценка, проведенная по трем тканям, показала, что интегральный комплексный показатель для ткани Шахтер равен  $1,8 \cdot 10^{-3}$ , Горизонт -  $3,86 \cdot 10^{-4}$  и Уголек -  $3,35 \cdot 10^{-4}$ . Чем минимальнее относительный показатель, тем

надежнее ткань. Таким образом, установлено, что менее надёжна ткань Шахтер, в 4,7 раза надежнее ткань Горизонт и в 5,4 – Уголек. Можно сделать вывод, что для основной ткани спецодежды шахтерской по вышеуказанным критериям оценки эффективнее применять ткани Горизонт и Уголек, что подтверждает практические выводы по данным экспериментальных исследований.

### **4.3 Обоснование показателей износостойкости тканей спецодежды шахтерской по результатам экспериментальной носки**

С целью обоснования эксплуатационных характеристик тканей спецодежды шахтерской в условиях экспериментальной носки нами была исследована ткань «Горизонт» арт. 1С-ЮД, широко применяемая на угольных предприятиях ГП «Макеевуголь» (более 70%) из всех тканей, используемых для пошива.

Исследование условий эксплуатации тканей в угольных шахтах позволило установить, что внешнее трение спецодежды шахтерской об окружающие предметы в подземных выработках, вызывают износ материала вследствие его истирания, возникающего в точках фактического контакта соприкасающихся поверхностей. Характер разрушения волокон на контактирующих участках определяется как структурой самого материала, так и видом истирающей поверхности. Существует два граничных вида разрушения волокон: расщепление на отдельные продольные структурные элементы, обусловленное многократным воздействием истирающих поверхностей (усталостный износ) и микросрезание, обусловленное однократным воздействием выступов контактной поверхности. Для спецодежды, эксплуатируемой в условиях шахты, первый вид разрушения является более характерным и протекает следующим образом. В начальной стадии истирания, взаимодействующие элементы деформируются упруго без разрушения. Затем тангенциальные силы, прикладываемые к материалу и действующие в различных направлениях, приводят к многократному растяжению

одних и сжатию других микроучастков материала, что, в конце концов, вызывает усталостное разрушение отрезков волокон, расположенных на гребнях волн нитей. Начинается разрушение глубинных слоев материала: волокна, расщепленные в продольном направлении, разделяются на части, происходит их постепенное выпадение. Толщина материала, сначала вследствие разрыхления поверхностных слоев увеличивающаяся, снова уменьшается. Происходит потеря массы материала, который становится более редким и, наконец, разрушается.

Интенсивность воздействия механических факторов производственной среды на спецодежду горнорабочего зависит, в основном от горно-геологических условий угольных шахт: мощности пласта, угла падения, крепости угля и вмещающих пород, о чем детально говорилось выше. Угольные шахты Донецкого бассейна характеризуются большим разнообразием горно-геологических условий, обусловливаемых, в первую очередь, характером залегания угольных и антрацитовых пластов мощностью от 0,5 до 2,5 м с углами залегания от 0 до 75° и вмещающими породами. Наибольшее разрушение ткани спецодежды фиксируется у горнорабочих, работающих на маломощных пластах, в местах ее интенсивного износа.

Проведенные автором исследования показали, что суммарный риск снижения массы ткани ( $R_{см}$ ) в результате ее износа от воздействия трения выражается функциональной зависимостью:

$$R_{см} = f\left[\sum_{i=1}^n P_i; P_i(t)\right], \quad (4.22)$$

вид и характер которой, определяется степенью износа. Здесь  $P_i$ ,  $P_i(t)$  - соответственно, интенсивность и время воздействия  $i$ -й величины трения на одежду горнорабочего.

Полученные характеристики интенсивности и времени воздействия трения на спецодежду горнорабочего были применены для идентификации зависимости (4.1) и последующей оценки суммарного риска снижения массы ткани. Полученное значение риска использовалось для обоснования показателей защитных свойств ткани путем сопоставления их со значением риска ее износа. Указанное снижение

риска тоже можно выразить некоторой функцией, характеризующей защитные свойства ткани (3.3).

Поскольку обе зависимости - (4.1) и (3.3) выражают риск, их действительно можно сопоставить и далее судить об эффективности износостойкости ткани, применяемой для защиты от механических воздействий.

При эксплуатации спецодежды в шахтных условиях, равномерное ее истирание по всей ее поверхности невозможно, в силу того, что износ носит локальный зонный характер. Результатами исследований [14] установлено, что воздействие факторов производственной среды на зоны тела горнорабочих неодинаково и обусловлено их вынужденными рабочими позами, которые они принимают при выполнении производственных операций (таблица 3.2). При работах на маломощных пластах максимальному износу подвержены колени, локти, бедро, голень. На крутопадающих пластах – ягодицы, спина. В связи с этим, воздействие ОВПФ на ткань с различной степенью износа будет неодинакова. В связи с этим, основу принципа локальной защиты был положен учет специфики воздействия различных производственных факторов на отдельные участки тела рабочего и проведено распределение поверхности тела шахтеров на зоны с учетом пространственной ориентации во время работы, что позволило обосновать требования к зональной защите организма от механических воздействий.

Превышение вертикальных размеров тела величины свободного пространства вынуждают горнорабочего при выполнении производственных операций подбирать рабочие позы с минимальными их значениями. При этом взаимодействие тела рабочего с поверхностью опоры смещается со стопы на другие участки тела - коленный сустав, боковую поверхность бедра, голень, таз, грудную клетку и др., изменяя ориентацию тела к направлению действия силы тяжести и определяя особенности воздействия механических факторов (удара, трения, давления), температуры горных пород и обводненности горных выработок. Хронометрические исследования рабочих поз и движений при выполнении основных производственных операций [53] показали, что 48,2% рабочего времени ГРОЗ работает в позе «на коленях согнувшись», 23,6% - на коленях с опорой на

кисти, 11,3% - лежа на боку и 5,3% - лежа на животе. Итого 88,4% рабочего времени ГРОЗ работает в вынужденной позе. Повышенное истирание спецодежды при работах в таких условиях является причиной микротравмирования кожных покровов горнорабочих мельчайшими частицами угля и породы зон тела горнорабочих в местах наибольшего трения, что в свою очередь способствует возникновению пиодермии кожи горнорабочих [64, 65]. Локализация пиодермитов и мелких травм говорит о том, что факторы, вызывающие эти заболевания, действуют локально, что следует учитывать при конструировании спецодежды, для чего необходимо установление количественных зависимостей между показателями износостойкости, интенсивностью воздействия трения.

Нами было проведено испытание износостойкости спецодежды шахтерской, изготовленной из ткани «Горизонт» при различных условиях ее эксплуатации (маломощные, крутопадающие пласты различной мощности, с различным уровнем обводненности и степенью механизации). Исследования проводились по следующим анатомо-топографическим зонам:

- область колена при работах на маломощных пластах (таблица 4.10);
- работе с опорой на бедро и голень, при работах на маломощных пластах (таблица 4.11);

Таблица 4.10 – Износ в области колена при работах на маломощных пластах

Сроки носки (месяцы)	% износа	Суммарный износ после каждого месяца носки	Остаточная поверхност. плотн.	Потеря плотности после каждого месяца носки
	0		407	
1	8		374,44	32,56
2	12	20	325,6	81,4
3	15	35	264,55	142,45
4	19	54	187,22	219,78
5	22	76	97,68	309,32
6	24	100	0	407
7	-	-		
8	-	-		

Таблица 4.11 – Износ в области бедра и голени, при работах на маломощных пластах

Сроки носки (месяцы)	% износа	Суммарный износ после каждого месяца носки	Остаточная поверхност. плотн.	Потеря плотности после каждого месяца носки
1	2	3	4	5
	0		407	
1	10		366,3	40,7
2	11	21	321,53	85,47
3	12	33	272,69	134,31
4	13	46	219,78	187,22
5	15	61	158,73	248,27
6	17	78	89,54	317,46
7	22	100	0	407

Построены графики зависимостей степени износа спецодежды шахтерской из ткани «Горизонт» (рисунок 4.14) при работе на маломощных пластах от срока эксплуатации в области колен (ряд 1), бедра и голени (ряд 2) и получены соответствующие уравнения регрессии (4.23, 4.24), описывающие эти зависимости.

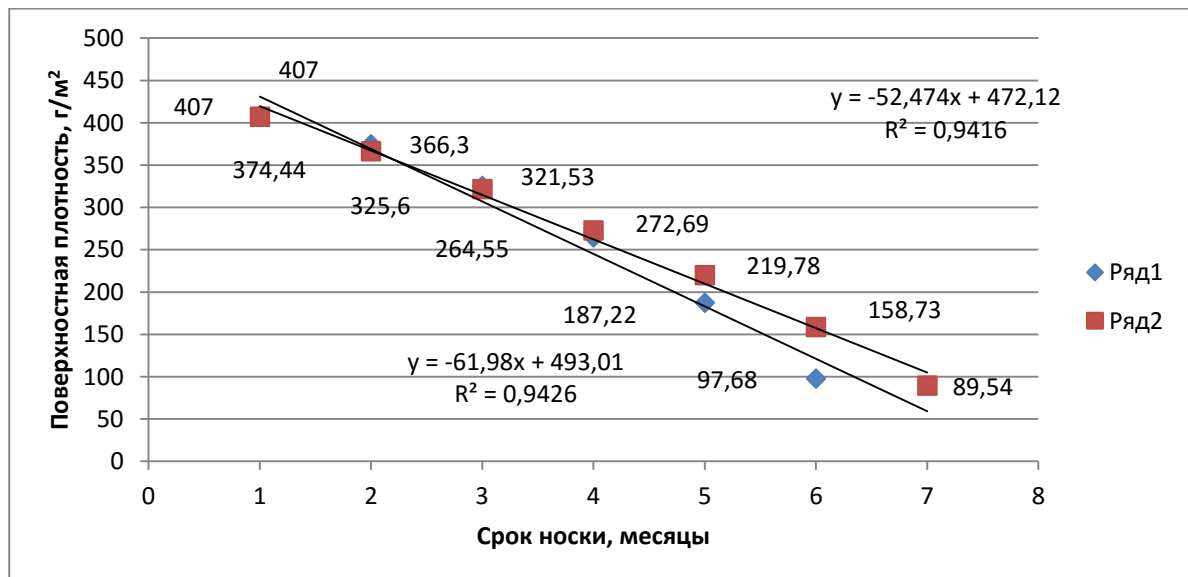


Рисунок 4.14 – Зависимость степени износа спецодежды шахтерской из ткани «Горизонт» при работе на маломощных пластах от срока эксплуатации в области колен, бедра и голени.



Как следует из рисунка 4.14, при работе на маломощных пластах, износ спецодежды в области колен более интенсивен, чем в области бедра и голени, что вызвано, в основном, распределением давления массы тела на различные площади поверхности спецодежды.

По данным различных авторов [23, 66, 67] и исследованиями, проведенными в рамках диссертационной работы установлено, что в зависимости от мощности пластов, а, следовательно, и позы работающего, нагрузка на коленный сустав колеблется от 14,38 кг при мощности пласта 0,7 м и угле  $25^{\circ}$  в позе «на коленях, с приседанием на пятку и бедро» до 31,32-33,35 кг при мощности пласта 0,9-1,5 м и угле наклона пластов, соответственно,  $0^{\circ}$ - $25^{\circ}$  в позе «на коленях выпрямившись». Время пребывания в вынужденных позах составляет 3,63%...98% длительности рабочей смены. Сила, воздействующая на поверхность коленного сустава при перемещении, связанного с работой колеблется от 400 до 500 Н в зависимости от веса работающего и вида нагрузки, что способствует дополнительному увеличению степени истираемости ткани. Статическая нагрузка характеризуется силой давления ( $F_c$ ), величиной площади опоры ( $S$ ) и напряжением ( $\sigma$ ). Максимальная нагрузка ( $F_c$ ) возникает при мощности угольного пласта 0,9-1,1 м, минимальные ее значения фиксируются при мощностях 0,6 и 1,6 м.  $S$  имеет максимальные значения ( $17 \text{ см}^2$ ) при мощности угольного пласта 1,1-1,5 м и минимальную ( $10,5 \text{ см}^2$ ) - при 0,7 м.  $\sigma$  колеблется в пределах 20-22 Н/см<sup>2</sup>. При угле падения пласта  $25^{\circ}$  показатели  $S$  снижаются до 11-12 см<sup>2</sup>, увеличивая разброс  $\sigma$  с 13 по 27 Н/см<sup>2</sup>. Установлено, что напряжение ( $\sigma$ ) зависит от видов выполняемых работ, достигая максимальных показателей при выполнении работ, связанных с перемещением тяжелых предметов - перемещением стойки ( $\sigma = 71 \text{ Н/см}^2$ ) и при работе лопатой ( $\sigma = 66 \text{ Н/см}^2$ ) [14].

При работе с опорой на бедро и голень, при работах на маломощных пластах степень износа спецодежды ниже, хотя она также не выдерживает сроков носки (рисунок 4.1). Это связано с тем, что хотя и нагрузка на бедро и голень выше, чем на коленный сустав (50,42-57,14 кг), но площадь соприкосновения с поверхностью почвы больше (от 38 до 52 см<sup>2</sup>).

$$y = -52,474x + 472,12 \quad (4.23)$$

$$y = -61,98x + 493,01 \quad (4.24)$$

Коэффициенты детерминации ( $R^2$ ), для показателей износа в области колен равны  $R^2 = 0,9416$ , бедра и голени -  $R^2 = 0,9426$  и превышают по модулю 80 %, следовательно, их можно признать достаточно значимыми (коэффициент корреляции превышает 90 %) [46].

При экспериментальной носке спецодежды, так же, как и при проведении лабораторных испытаний тканей, мы имеем малое число наблюдений, поскольку количество измерений, проводимое на одном образце ткани, ограничено. В связи с этим, имеет большое значение прогноз показателей по полученным уравнениям регрессии. В этой связи нами была исследована зависимость изменения уровней пылепроницаемости ткани «Горизонт» от потери ее поверхностной плотности по результатам износа, (таблица 4.12) и получен график, описывающий данную зависимость (рисунок 4.15).

Таблица 4.12 – Зависимость изменения уровней пылепроницаемости ткани «Горизонт» от плотности тканей

% износа	Поверхностная плотность	% изменения пылепроницаемости	Пыль
0	408,58	0	28,83
8	375,89	4	29,98
17	339,12	10	31,71
27	298,26	18	34,02
38	253,32	30	37,48
51	200,2	44	41,52
66	138,92	60	46,13
82	73,54	78	51,32
100	0	100	57,66

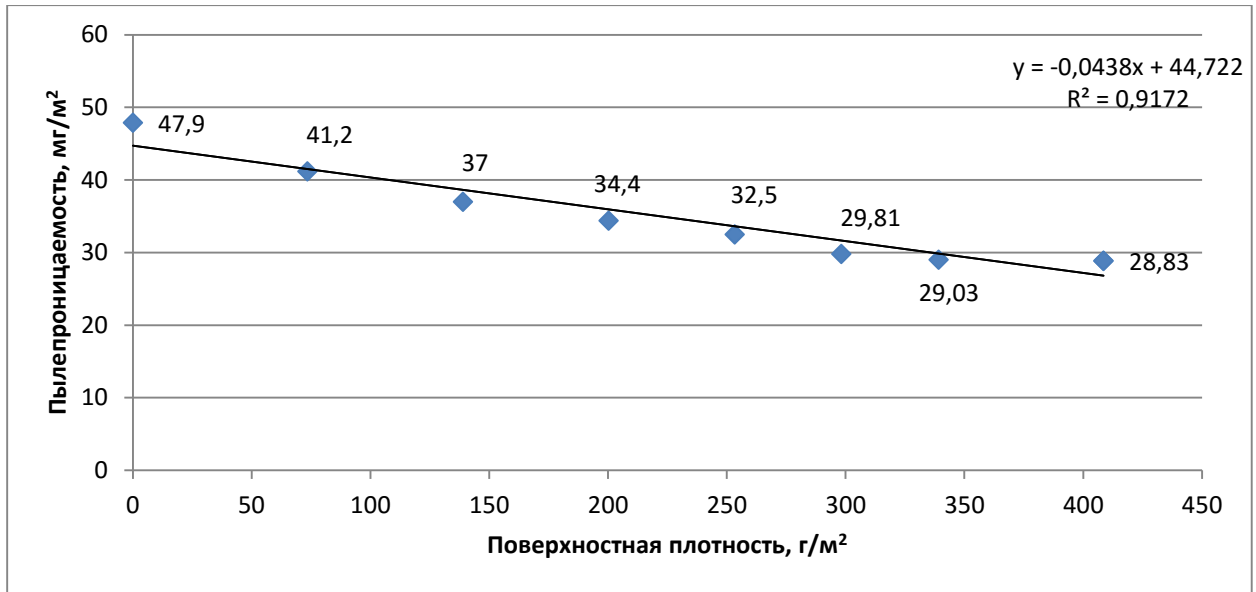


Рисунок 4.15 – Зависимость пылепроницаемости ткани «Горизонт» от степени ее истираемости.

Для определения соответствия расчетных данных с фактическими применяем критерий Пирсона - хи-квадрат ( $\chi^2$ ):

$$\chi^2 = \sum \frac{(y_{\text{изм}} - y_{\text{расч}})^2}{y_{\text{расч}}}; \quad (4.25)$$

Таблица 4.13 – Прогноз показателей пылепроницаемости ткани «Горизонт» в зависимости от изменения ее плотности по полученным уравнениям регрессии.

x	y расчётное	y измеренное	$\sum \frac{(y_{\text{изм}} - y_{\text{расч}})^2}{y_{\text{расч}}}$
408,58	26,83	28,83	0,149
375,89	28,26	29,98	0,105
339,12	29,87	31,71	0,113
298,26	31,66	34,02	0,176
253,32	33,63	37,48	0,441
200,2	35,95	41,52	0,863
138,92	38,64	46,13	1,452
73,54	41,5	51,32	2,324
0	44,722	57,66	2,803
			8,426

Число степеней свободы при малом количестве наблюдений равно  $n-1$ . Полученное значение  $\chi^2=8,426$  (таблица 4.13). Сравниваем с табличными значениями «Квантели распределения Пирсона», смотрим число степеней свободы. Табличное значение равно ориентировочно 0,40, т. о., вероятность соответствия расчетных данных с фактическими равное 0,40 является достоверным [52].

Следуя логике, понимаем, что процесс истирания ткани, приводящий к снижению ее поверхностной плотности, неизбежно должен привести к увеличению воздухопроницаемости. Для подтверждения или опровержения этого допущения исследованы зависимости воздухопроницаемости ткани от степени ее истираемости, выраженной показателями поверхностной плотности ткани. Данные, приведенные в табл. 4.14, подтверждают это предположение. Установлена зависимость изменения уровня воздухопроницаемости ткани «Горизонт» от степени ее истираемости (рисунок 4.16) и получено уравнение регрессии, описывающее эту зависимость:

$$y = -0,3224x + 181,01. \quad (4.26)$$

Таблица 4.14 – Зависимость изменения уровня воздухопроницаемости ткани «Горизонт» от количества циклов истирания (в показателях плотности ткани)

Поверхностная плотность ткани, г/м <sup>2</sup>	Износ, %	Воздухопроницаемость ткани, дм <sup>3</sup> /(м <sup>2</sup> ·с)	Изменение воздухопроницаемости, %
407	0	61	0
366,3	10	68,32	12
321,53	21	76,25	25
272,69	33	84,79	39
219,78	46	96,38	58
158,73	61	108,58	78
89,54	78	180,02	100
0	100	—	—
—	—	—	—

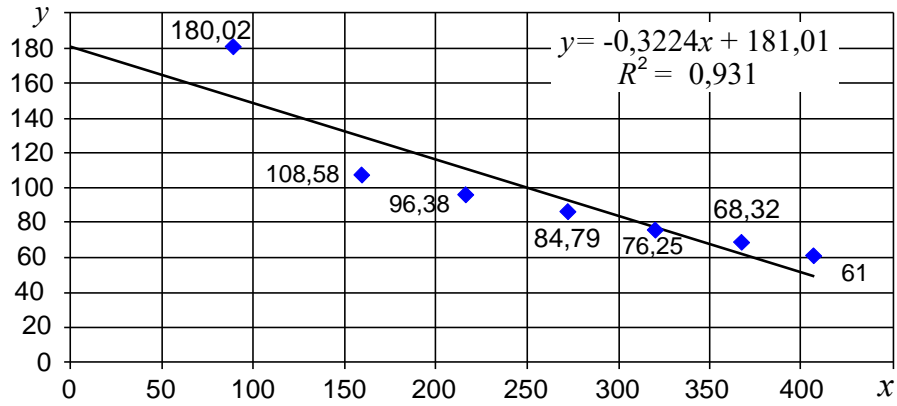


Рисунок 4.16 – Зависимость воздухопроницаемости спецодежды шахтеров из ткани «Горизонт»  $y$ ,  $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ , от поверхностной плотности  $x$ ,  $\text{г}/\text{м}^2$ , при работе на маломощных пластах

Коэффициент детерминации  $R^2 = 0,931$  свидетельствует о наличии высокой взаимосвязи между воздухопроницаемостью и потерей массы ткани, пропорциональной количеству циклов ее истирания. Затем были исследованы зависимости пылепроницаемости ткани «Горизонт» от изменения показателей воздухопроницаемости (таблица 4.15).

Таблица 4.15 – Зависимость изменения уровня пылепроницаемости ткани «Горизонт» от ее воздухопроницаемости

Воздухопроницаемость ткани, $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$	Изменение воздухопроницаемости, %	Пылепроницаемость, $\text{мг}/\text{м}^2$	Изменение пылепроницаемости, %
61	0	28,83	0
68,32	12	29,98	4
76,25	25	31,71	10
84,79	39	34,02	18
96,38	58	37,48	30
108,58	78	41,52	44
180,02	100	46,13	60
–	–	51,32	78
–	–	57,66	100

Получено уравнение регрессии, описывающее зависимость изменения уровня пылепроницаемости ткани «Горизонт» от ее воздухопроницаемости и степени истираемости ткани (рисунок 4.17):

$$y = 0,1488x + 21,312 . \quad (4.27)$$

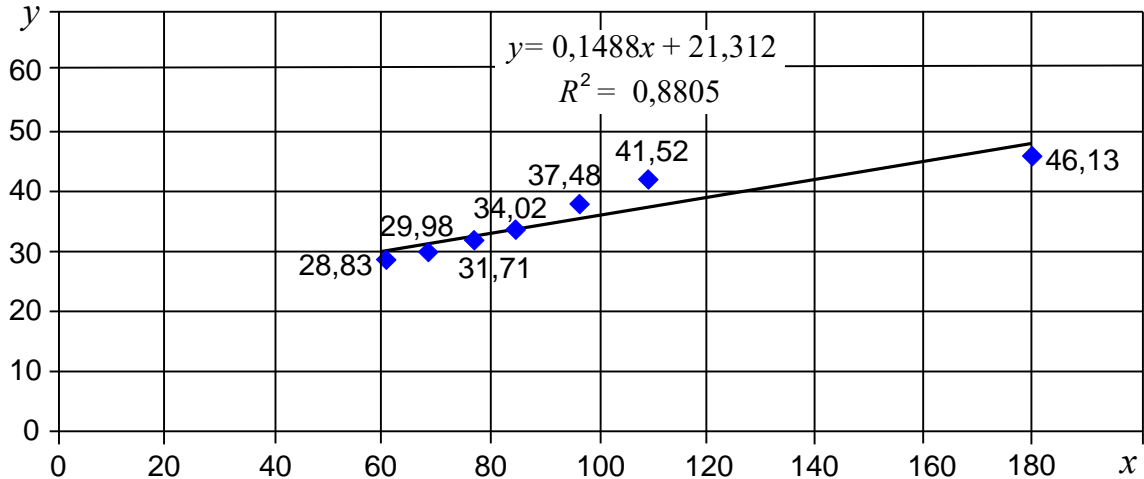


Рисунок 4.17 – Зависимость изменения уровня пылепроницаемости  $y$ ,  $\text{мг}/\text{м}^2$ , ткани «Горизонт» от ее воздухопроницаемости  $x$ ,  $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$

Коэффициент детерминации  $R^2 = 0,8805$  свидетельствует о наличии высокой взаимосвязи между воздухопроницаемостью и пылепроницаемостью ткани, пропорциональной количеству циклов ее истирания.

Согласно логике, с увеличением степени износа, практически пропорционально должны снижаться прочностные характеристики тканей. В связи с этим предположением нами были проведены исследования ткани «Горизонт» с целью установления изменения показателей разрывной и раздирающей нагрузки в зависимости от величины уменьшения плотности ткани за счет ее износа.

По результатам данных, приведенных в таблице 4.16, построены графики зависимость величины разрывной нагрузки спецодежды шахтерской из ткани «Горизонт» от степени ее износа при работе на маломощных пластах (рисунок 4.18).

Как следует из рисунка 4.18, снижение разрывной нагрузки приблизительно одинаково, как по основе, так и по утку и пропорционально уменьшению плотности спецодежды с увеличением сроков ее носки. Установлена прямая зависимость

Таблица 4.16 – Результаты исследования показателей разрывной нагрузки за счет износа ткани «Горизонт» в течение 8-ми месячной носки.

Сроки носки (месяцы)	% износа	Суммарный износ после каждого месяца носки	Остаточная поверхностная плотность	Потеря плотности после каждого месяца носки	% изменения разрывной нагрузки	% снижения величины разрывной нагрузки	Разрывная нагрузка		сниж. разрывной нагрузки после кажд. мес. носки	
							основа	уток	основа	уток
8195	0		407		0		<u>1170</u>	<u>719</u>		
1	10		366,3	40,7	12		<u>1029,6</u>	<u>632,72</u>	<u>140,4</u>	<u>86,28</u>
2	11	21	321,53	85,47	13	25	<u>877,5</u>	<u>539,25</u>	<u>292,5</u>	<u>179,75</u>
3	12	33	272,69	134,31	16	39	<u>713,7</u>	<u>438,59</u>	<u>456,3</u>	<u>280,41</u>
4	13	46	219,78	187,22	19	58	<u>491,4</u>	<u>301,98</u>	<u>678,6</u>	<u>417,02</u>
5	15	61	158,73	248,27	20	78	<u>257,4</u>	<u>158,18</u>	<u>912,6</u>	<u>560,82</u>
6	17	78	89,54	317,46	22	100	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>1170</u>	<u>719</u>
7	22	100	0	407	-	-				
8		-	-	-	-	-				

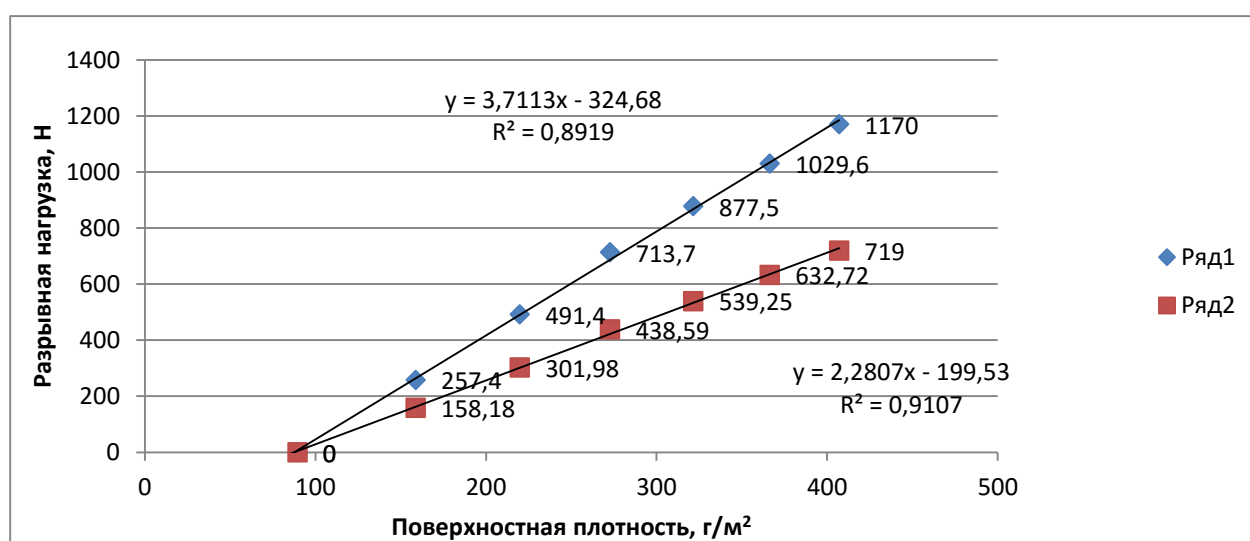


Рисунок 4.18 – Зависимость величины разрывной нагрузки спецодежды шахтерской из ткани «Горизонт» от степени ее износа при работе на маломощных пластах.

разрывной нагрузки по основе и утку ткани «Горизонт» от степени ее износа (рисунок 4.18) и получены уравнения регрессии, описывающие эту зависимость по основе (4.28) и по утку (4.29).

$$y = 3,7113x - 324,68 \quad (4.28)$$

$$y = 2,2807x - 199,53 \quad (4.29)$$

Установлено, что между показателями разрывной нагрузки имеется прямая корреляционная связь по основе  $R^2 = 0,8919$  и по утку  $R^2 = 0,9107$ , достоверные с вероятностью безошибочного прогноза равной 0,99. Нарастание процента износа (колонка 2) объясняется помимо износа самой структуры ткани, снижением содержания пропитки (влагостойкой, противогнилостной и т. д.).

Таблица 4.17 – Результаты исследования показателей раздирающей нагрузки за счет износа ткани «Горизонт» в течение 8-ми месячной носки.

Сроки носки (месяцы)	% износа	Суммарный износ после каждого месяца носки	Остаговая поверхность. плотность	Потеря плотности после каждого месяца носки	% изменения раздирающей нагрузки	На какую величину снижается % раздирающей нагрузки	Раздирающая нагрузка		Снижение раздирающей нагрузки после кажд. мес. носки	
							основа	уток	основа	уток
8195	0		407		0		<u>74</u> <u>56</u>			
1	10		366,3	40,7	12		<u>65,12</u> 49,28		<u>8,88</u> 6,72	
2	11	21	321,53	85,47	13	25	<u>55,5</u> 42		<u>18,5</u> 14	
3	12	33	272,69	134,31	16	39	<u>45,14</u> 34,16		<u>28,86</u> 21,84	
4	13	46	219,78	187,22	19	58	<u>31,08</u> 22,36		<u>42,92</u> 33,64	
5	15	61	158,73	248,27	20	78	<u>16,28</u> 12,32		<u>57,72</u> 43,68	
6	17	78	89,54	317,46	22	100	<u>0</u> 0		<u>74</u> 56	
7	22	100	0	407	-	-				

Таким образом, очевидно, что сроки носки существенно влияют на величину прочности ткани, не выдерживающей при эксплуатации на маломощных пластах



даже шестимесячную носку, вместо установленных стандартами девяти месяцев. Разрывы ткани при визуальном осмотре, в основном, отмечаются на брюках в местах наибольшего износа ткани (в области колен, голени и бедер), в то время как, в местах, не подвергающихся интенсивному износу, ткань выдерживает установленные сроки носки.

Аналогичная ситуация складывается и с изменениями показателей раздирающей нагрузки. Результаты исследований приведены в таблице 4.17 и на рисунке 4.19.

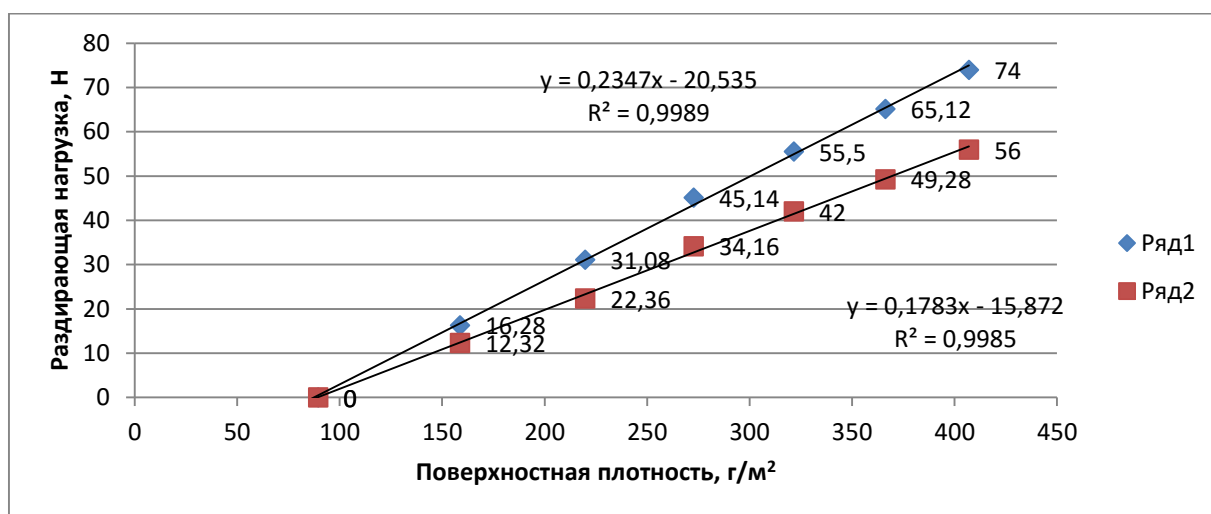


Рисунок 4.19 – Зависимость величины раздирающей нагрузки спецодежды шахтерской из ткани «Горизонт» от степени ее износа при работе на маломощных пластах.

Анализируя рисунки 4.18 и 4.19, приходим к выводу, что с увеличением степени износа, практически пропорционально снижаются прочностные характеристики, не выдерживая установленных сроков носки.

#### 4.4 Исследование влияния способов обработки шахтерской спецодежды на физико-технические показатели свойств тканей

Практика применения шахтерской спецодежды показывает, что при эксплуатации ее в условиях угольных шахт она подвергается не только

механическому износу, но и значительному загрязнению твердыми (угольная и породная пыль) и масляными (различные масла, смолы, смазки) загрязнителями. Эти вопросы были детально рассмотрены выше. Загрязнение ткани спецодежды шахтерской приводит к ухудшению большинства их защитных и гигиенических свойств (например, воздухопроницаемость, паропроницаемость, теплопроводность, гигроскопичность и др.), что, естественно, отражается на защитных и гигиенических показателях спецодежды.

Существующие способы обработки спецодежды позволяют частично или полностью восстанавливать защитные и гигиенические свойства тканей. На предприятиях угольной промышленности до настоящего времени основным способом обработки шахтерской спецодежды остается стирка. К сожалению, до сих пор отсутствует единая методика стирки, даже на одной и той же шахте стирки проводятся по-разному, на различном оборудовании, при различных режимах (от 20 мин до 1 часа), температура воды колеблется от 25°C до 50-60°C, по разным причинам не выдерживаются режимы выдерживания концентрации стирального раствора. Естественно, что при такой обработке спецодежды полного восстановления ее защитных и гигиенических свойств достичь невозможно.

Существенным недостатком такой обработки спецодежды является усадка тканей, достигающая, как это уже отмечалось в данной работе выше, значительных величин – от 7% до 16 %, в отдельных случаях достигая 20-23%. Снижению усадки тканей при стирке в последнее время уделяется большое внимание. Предприняты попытки снизить усадку за счет создания новых тканей с малой усадкой (обр. 1072,1073,1074). Другим способом уменьшения усадки тканей является предварительная обработка их на специальных тканеусадочных машинах. До настоящего времени в угольной промышленности малоусадочные ткани не применялись, поэтому исследования этих тканей в лабораторных и производственных условиях представляет несомненный теоретический и практический интерес.

Ряд авторов предложил для спецодежды шахтеров несколько видов тканей, прошедших предварительную обработку на тканеустойчивых машинах [56, 63], в

результате чего, ткань наряду с резким уменьшением усадки в значительной степени умягчается благодаря уплотнению по утку. При этом наблюдается некоторое улучшение водоупорных свойств. Предполагалось также, что малоусадочные ткани должны лучше противостоять действию истирающих факторов.

По данным ряда авторов [84,85], ткани, подвергнутые усадке, показали значительное увеличение удлинения, особенно по основе, усадка по основе после стирки снизилась по сравнению с обычной тканью в 1,5 -5,0 раза. Плотность по утку после усадки увеличилась.

Ввиду отсутствия данных по изменению усадки костюмов из малоусадочных тканей, а также по их износоустойчивости, были проведены производственные испытания шахтерской спецодежды из малоусадочных парусин арт. 11119,11104 и 11215, изготовленных Ровенским льнокомбинатом.

Производственные испытания проводились на шахтах ГП «Макеевуголь», разрабатывающих пологопадающие (6-8°) угольные пласты мощностью 0,8-1,0 м при длине лавы 150 м.

В носке находилось 50 комплектов костюмов из малоусадочных тканей: 16 комплектов из ткани арт.11104 «а», 17- из ткани арт.11119 «а», 15- из ткани арт. 11215 «а» и 2-из ткани арт.11202 «а». Для сравнения величины усадки спецодежды из малоусадочных тканей массового производства были выданы в носку шахтерские костюмы из парусины брезентовой арт. 11110 и 11119 (10 комплектов).

В ходе испытаний проводились замеры величины усадки курток и брюк по длине и ширине после 1-й, 2-й и 4-й стирок (результаты этих замеров приведены в таблице 4.18), а также осмотры костюмов и опросы рабочих, занятых в проведении опытной носки.

Анализ данных, полученных в ходе испытаний, показал следующее:

1. За время испытаний куртки из малоусадочных тканей и тканей массового применения не имели места порывы и сквозные протертости. Брюки из тех и других тканей имели сквозные протертости в области колен, разрывы по боковым швам и в области банта; 70% брюк подвергались неоднократным ремонтам,

Таблица 4.18 – Результаты замеров усадки курток и брюк по длине и ширине после стирок.

Артикул ткани	Количество изделий, прошедших 1-ю стирку (куртка- брюки)	Усадка после 1-й стирки,%				Количество изделий, прошедших 2-ю стирку ( $\frac{\text{куртка}}{\text{брюки}}$ )	Усадка после 2-й стирки,%				Количество изделий, прошедших 4-ю стирку ( $\frac{\text{куртка}}{\text{брюки}}$ )	Усадка после 4-й стирки,%			
		куртка		брюки			куртка		брюки			куртка		брюки	
		По дли- не	По шири- не	По дли- не	По шири- не		По шири- не	По дли- не	По дли- не	По шири- не		По дли- не	По шири- не	По дли- не	По шири- не
11215 «а»	$\frac{11}{11}$	5,3	2,3	5,3	1,9	$\frac{5}{5}$	5,1	+0,8	6,3	1,0	$\frac{6}{7}$	7,0	0,0	8,2	0,6
11119 «а»	$\frac{11}{13}$	5,5	1,2	8,3	2,6	$\frac{5}{5}$	11,3	0,8	9,4	4,1	$\frac{8}{6}$	10,0	+0,7	12,0	1,2
11104 «а»	$\frac{5}{5}$	6,5	0,8	6,8	3,1	$\frac{3}{4}$	11,0	2,6	9,3	1,2	$\frac{9}{7}$	11,2	1,5	9,8	2,7
11121 (типовая)	$\frac{2}{0}$	10,5	3,5	-	-	$\frac{2}{2}$	12,1	1,1	10,5	1,2	$\frac{4}{0}$	11,6	+1,2	-	-
11119	$\frac{0}{0}$	-	-	-	-	$\frac{0}{0}$	-	-	-	-	$\frac{0}{4}$	-	-	15,4	6,0

а 20% брюк пришли в полную негодность и были изъяты из опытной носки до ее окончания.

2. Разрывы в области банта обусловлены большой усадкой (до 10-11%) опытных тканей арт. 11104 «а», 11119 «а» и тканей массового применения арт. 11121 и 11119 (усадка до 16%). В меньшей степени повреждены в этой области брюки из опытной ткани арт.11215 «а», которая обладает значительно меньшей усадкой (примерно в 1,7 – 2,4 раза) по сравнению с усадкой остальных тканей.

3. Ткань арт.11215 «а», обладая меньшей усадкой, по износоустойчивости хуже тканей арт.11104 «а», 11119 «а», 11121 и 11119. Протертости на брюках из ткани арт.11215 «а» появились в 1,5 раза быстрее, чем на брюках из остальных тканей.

Результаты испытаний спецодежды из малоусадочных тканей в производственных условиях подтверждают перспективность обработки тканей на усадочных машинах. Подвергать предварительной усадке целесообразнее полульняные ткани, так как эффективность снижения их усадки по сравнению с льняными парусинами в 1,5-2,0 раза выше. Повышение износоустойчивости шахтерской спецодежды вследствие увеличения плотности ткани при ее обработке на тканеусадочном агрегате достигается в незначительных пределах.

Кроме стирки, все более широкое распространение приобретает химическая обработка спецодежды. В отличие от загрязнений (преимущественно масляных) спецодежды рабочих, занятых в других отраслях промышленности, шахтерская спецодежда включает в себя значительное количество твердых загрязнений (угольная и породная пыль), составляющих по весу в спецодежде 15-30%, а в отдельных случаях - до 40%.

Машина для химчистки оборудована фильтровальной и дистилляционной установками. Специально разработанный технологический процесс чистки одежды, применение фильтруемых усилителей и высококачественная фильтрация растворителя позволяют производить чистку спецодежды шахтеров независимо от степени её загрязнения. Конструкция фильтра обеспечивает высокую степень очистки растворителя при использовании любых фильтрующих порошков,

применяемых на фабриках химической чистки одежды. Здесь применена надежная система рекуперации паров растворителя, выделяющихся при сушке одежды. Она также, оборудована адсорбционной установкой, которая позволяет сэкономить до 35% растворителя. Для восстановления использованного растворителя применяется дистиллятор большой емкости, обеспечивающий высокую производительность (до 500 л/час).

Чистка одежды производится хлористыми растворителями: трихлорэтиленом, перхлорэтиленом или другими веществами. Расход их составляет 90-135 г на 1 кг обрабатываемой одежды. Цикл химической чистки полностью автоматизирован и длится 40,0 или 46,0 мин в зависимости от степени загрязнения одежды. В течение этого времени производится чистка, отжим, сушка и проветривание одежды в одном моечном барабане.

Конструкция машины и технологический процесс позволяют производить импрегнирование одежды, т.е. пропитку её водоотталкивающим составом. В процессе химической чистки одежда практически не дает усадки (0,8-1,5%), не мнется, приобретает свежесть и удовлетворительный внешний вид. Применение химической чистки позволяет устранить недостатки существующих методов стирки на предприятиях угольной промышленности и продлить срок эксплуатации спецодежды горнорабочих.

#### **Выводы к разделу 4**

1. Проведены расчеты числа наблюдений в выборке ( $n$ ) необходимых для получения достоверных величин по показателям тканей на основе определения величины среднего квадратического отклонения ( $\sigma$ ) и ошибки репрезентативности ( $m$ ). В рамках планирования эксперимента, проведенные расчеты позволили установить, что 17 измерений достаточны для получения достоверных данных и

достижения цели данного исследования с вероятностью безошибочного прогноза  $p=99\%$ .

2. Определены доверительные границы средней величины массы тканей ( $M_2$ ) в генеральной совокупности, выход за пределы которых вследствие случайных колебаний имеет незначительную вероятность. Установлено, что с вероятностью безошибочного прогноза  $p=95\%$  масса ткани в генеральной совокупности не превышает 424,82 грамм и не ниже 424,42 г., при  $p=99\%$  - 425,32 и 424,28, а при  $p=99,9\%$  - 425,52 г. и 424,08 г. соответственно.

3. Расчет величины износа тканей показал, что после первой 1000 истираний потеря плотности по двум тканям составила 6-6,5 %, в то время как потеря плотности тканей после 6000 циклов составила 77-78,9 %. Нарастание процента износа объясняется, помимо износа самой структуры ткани, снижением массовой доли пропитки (влагостойкой, противогнилостной и т.д.), что свидетельствует об ухудшении гигиенических показателей шахтерской спецодежды, изготовленной из ткани «Горизонт» в связи с потерей массы вследствие ее износа. Коэффициент детерминации по ткани «Горизонт»  $R^2 = 0,9647$ , по ткани «Шахтер»  $R^2 = 0,9677$ , что свидетельствует о сильной связи между базовой переменной и зависимыми от нее переменными.

4. Получены уравнения регрессии, описывающие зависимость изменения величин: пылепроницаемости, воздухопроницаемости, гигроскопичности, водоупорности, разрывной и раздирающей нагрузки ткани от степени ее истираемости, выраженной показателями поверхностной плотности ткани. Коэффициент корреляции превышает 90 %, что свидетельствует о наличии сильной связи между базовым и переменными показателями.

5. Для определения соответствия расчетных данных фактическим, рассчитаны прогнозные уровни эксплуатационных, гигиенических и защитных показателей тканей путем применения критерия Пирсона - хи-квадрат ( $\chi^2$ ),

рассчитываемый по формуле:  $\chi^2 = \sum \frac{(y_{изм} - y_{расч})^2}{y_{расч}}$  Полученные значения  $\chi^2$ ,

устанавливающих вероятность соответствия расчетных данных с фактическими

являются достаточно достоверными. Результаты проведенных исследований позволят прогнозировать эксплуатационные и гигиенические свойства тканей и сроки их эксплуатации спецодежды в условиях больших механических нагрузок.

6. Результаты испытаний спецодежды из малоусадочных тканей в производственных условиях подтверждают перспективность обработки тканей на усадочных машинах. Подвергать предварительной усадке целесообразнее полульняные ткани, так как эффективность снижения их усадки по сравнению с льняными парусинами в 1,5-2,0 раза выше.



## РАЗДЕЛ 5

### ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦОДЕЖДЕ ШАХТЕРОВ. ВНЕДРЕНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

#### **5.1 Область рационального применения спецодежды на угольных предприятиях**

Экспериментом, проведенным в рамках настоящей работы, установлено, что частота повреждений курток и брюк в различных угольных бассейнах имеет определенные отличия. Сильнее и быстрее всего повреждаются брюки на шахтах Донбасса, разрабатывающих угольные пласты пологого и крутого залегания, где частота повреждений на 100 осмотренных костюмов составляла соответственно 136,5 и 170 повреждений. В процессе выполнения настоящей работы была установлена зависимость сроков эксплуатации различных тканей от степени и вида механизации очистных работ. В лавах, где уровень механизации выше, количество и тяжесть производственных операций снижается, что способствует улучшению как условий труда горнорабочих, так и условий эксплуатации шахтерской спецодежды. Это подтверждается увеличением сроков носки тканей и спецодежды, изготовленной из них.

Результаты технико-экономической оценки позволили определить ассортимент тканей, которые могут быть рекомендованы для изготовления шахтерской спецодежды (арт. 11104, 11201, 11206, 11217, 11110, 11119, 11224, 3293) и установить основные технические требования к спецодежде при работах в различных условиях труда.

На основании вышеизложенного, область рационального применения спецодежды из тканей с добавками синтетических волокон может быть установлена в следующем порядке:

1. Наиболее целесообразно применение спецодежды из тканей с добавками синтетических волокон (типа арт. 11224, 3293) является в шахтах, разрабатывающих маломощные пласты пологого и крутого залегания. Причем, в лавах, оборудованных комбайнами и врубовыми машинами, применение спецодежды из указанных тканей является необходимым с точки зрения улучшения условий труда горнорабочих и снижения их заболеваемости гнойничковыми болезнями и раневыми инфекциями.

2. Для горнорабочих, занятых в лавах, оборудованных струговыми установками и механизированными очистными комплексами, наряду со спецодеждой из тканей с добавками синтетических волокон может быть рекомендована спецодежда из других тканей, обладающих несколько худшими эксплуатационными свойствами, но не уступающих по гигиеническим показателям (например, арт. 11206, 11217, 11201 и др.)

3. Весьма перспективным является применение спецодежды из тканей с добавками синтетических волокон обр. 1072, 1073, 1074 как в лавах с комбайновой выемкой угля, так и в лавах, оборудованных струговыми установками и механизированными очистными комплексами.

Установлены основные технические требования к спецодежде для маломощных пластов.

Комплект спецодежды состоит из комбинезона, утепленного жилета, подкасника, прокладок, которые размещаются по всей длине боковых частей рукавов. На передних половинках брюк накладки, переходящие в задние половинки брюк. Комплект изготавливается двух типов А и Б. Комплект А предусматривает центральную боковую застежку, пылезащитный внутренний клапан, воротник «стойка» с шириной в области ростка 5 см, внутренний накладной карман на левой полочке, рукава и брюки с напульсниками, внутренние накладные карманы для вкладных наколенников. Тип Б отличается типом рукава и расположением накладок, закрывающими область от линии груди до низа брюк. При изготовлении применяются ткани «Горизонт», ткань с полиэфирным волокном, винилискожа и нетканый материал.

Предлагаются следующие основные технические требования к спецодежде для крутопадающих пластов.

Комплект спецодежды для крутопадающих пластов включает в себя куртку, жилет, сорочку, брюки и подкащик. Изготавливается двух типов А и Б. Куртка с центральной боковой застежкой, отложным воротником, объемными клапанами. Жилет включает в себя утепленную прокладку. Брюки с притачным поясом, ластовицей и усилительными накладками в области колен и местах сидения. В качестве материалов применяют ткани хлопкополиэфирные и хлопчатобумажные, ватин, тканевой стелечный материал и латекс ДММА-65 ГП.

## **5.2 Новые подходы в исследовании эксплуатационных характеристик тканей**

Условия труда на предприятиях угольной промышленности характеризуются многообразием горно-геологических, горнотехнических, климатических и микроклиматических условий, определяющих характер и степень необходимой защиты шахтеров от ОВПФ, в т. ч., за счет применения средств индивидуальной защиты (СИЗ). Горнорабочие обеспечиваются спецодеждой, изготавливаемой по ГОСТ 12.4.110-82 [38], приспособленной для работ только на пластах большой мощности. Использование ее на маломощных или крутопадающих пластах приводит к ухудшению гигиенических и эксплуатационных характеристик и, как следствие, снижению сроков носки. Исследования эксплуатации этой спецодежды на маломощных пластах, показали, что она быстро выходит из строя из-за интенсивного локального износа, поскольку ее участки подвергаются повышенному износу и не совпадают с зонами защиты от предусмотренных указанным стандартом.

В процессе эксплуатации, отдельные участки в детали спецодежды

претерпевают растяжение, изгиб, сжатие, сдвиг, истирание при трении о почву и ткани о ткань, что имеет место в брюках в области шаговых швов, а также на участке рукав – область бокового шва, при истирающем воздействии батареи головного светильника по низу куртки. Многократные воздействия этих изнашивающих факторов, в конечном счете, приводят спецодежду к разрушению. Исследования эксплуатационных характеристик спецодежды в шахтных условиях показывают, что основными разрушающими дефектами являются: появление сквозных потертостей в области локтей, колен, в области мест сидения (особенно на крутом падении), в области шаговых швов, разрушение материала по низу брюк, подкладки пояса, появление дыр внизу карманов курток и брюк вследствие повреждений острыми предметами. При этом разрушаются в первую очередь нити и волокна, непосредственно соприкасающиеся с истирающей поверхностью, т. е. разрушается опорная поверхность материала.

Структура и величина опорной поверхности оказывают существенное влияние на эксплуатационные свойства материалов для одежды и играют важную роль в их характеристике. По сгибам в низках рукавов, в низках брюк, по краям карманов, по подогнутому краю усилительных нашивок наблюдается истирание по сгибу. Здесь вначале происходит разрушение нитей по сгибу, затем появляются дыры. Существенным недостатком является и тот фактор, что в процессе стирки спецодежды из тканей с синтетическими нитями происходит значительное увеличение осыпаемости. Осыпаемость наблюдается по срезам в области шва, по окату рукава в пройме, что, в конечном счете, ослабляет прочность швов. Значительной осыпаемостью тканей с синтетическими волокнами можно объяснить довольно быстрое разрушение ткани при разрыве боковых и шаговых швов, в низках куртки и брюк, после разрыва шва, соединяющего передние половинки брюк. Наблюдается также осыпаемость нитей в ткани при отрыве планки и держателей пряжек, и разрушение обметанной петли в поясе брюк.

Значительный удельный вес составляют дефекты в швах спецодежды. Соединение деталей спецодежды с помощью шва «в замок» с одной стороны способствует снижению осыпаемости, с другой, увеличивая толщину материала,

особенно в местах крепления усилительных нашивок, приводит к повышению жесткости швов. С целью упрочнения участков спецодежды, наиболее подвергающихся истиранию, применяются усилительные нашивки из материала костюма в области плеч и локтей в куртках, в области колен и в местах сидения в брюках. Однако, как показали проведенные ранее работы по изучению износа шахтерской спецодежды, применение ткани костюма в качестве усилительных нашивок не решает проблему повышения износостойкости спецодежды. Среднее время безотказной эксплуатации спецодежды в 1,5 - 2 раза меньше нормативного срока, но наличие элементарного профилактического ремонта может несколько продлить фактический срок службы. Как следствие указанных процессов, в местах разрушения ткани спецодежды, существенно снижается или вообще отсутствует защита кожных покровов от микротравм и производственных загрязнений, собственно, для чего спецодежда горнорабочих и предназначена в первую очередь, приводя к возникновению пиодермитов.

В этой связи, определение реальных сроков носки спецодежды шахтеров имеет важное значение для установления пределов эксплуатационных и гигиенических характеристик. Наиболее эффективным направлением оценки эксплуатационных свойств спецодежды является определение этих показателей путем испытания тканей в лабораторных условиях. В то же время, оборудования, предназначенное для испытания тканей на стойкость к истиранию по большой плоскости, которое позволило бы оценить степень изменения эксплуатационных и гигиенических характеристик спецодежды, до настоящего времени не создано. В связи с этим, и исходя из принципа сохранения защитных свойств СИЗ, не представляется возможным установление их ассортимента и максимально допустимых сроков службы.

Проведенный анализ литературных источников по данной проблеме показал, что в настоящее время действующей нормативно-технической документацией не предусмотрено применение в практике лабораторных исследований тканей, прибора или стенда, предназначенного для их испытания на стойкость к истиранию по большой плоскости [86]. Соответственно, не разработаны методика определения

стойкости тканей к истиранию, инструкция по эксплуатации прибора, программы и методики по его аттестации. В первую очередь это объясняется отсутствием научно обоснованных подходов в постановке проблемы определения эффективности защитных и эксплуатационных характеристик с целью разработки перспективных направлений в их создании и совершенствовании спецодежды [87,88]. Таким образом, разработка и изготовление прибора, предназначенного для испытания на стойкость к истиранию хлопчатобумажных, льняных и химических волокон и тканей для изготовления спецодежды является важной задачей.

С целью исследования интенсивности воздействия механических факторов производственной среды на спецодежду горнорабочего, в соответствии с Техническим заданием, согласованным и утвержденным в установленном порядке (приложение А), разработан и изготовлен прибор марки ПИТ (рисунок 5.1), предназначенный для испытания тканей на стойкость к истиранию и позволяющий оценить степень изменения эксплуатационных и гигиенических характеристик спецодежды, в зависимости от условий ее эксплуатации. Разработана инструкция по эксплуатации прибора марки ПИТ (приложение Б), программа и методика аттестации прибора по которой она и проведена (приложение Д, Е).

Прибор состоит из станины (1), изготовленной из чугуна, на которой смонтированы все остальные детали прибора. Пяльцы (2) служат для заправки абразива. Закрепление абразива – серо-шинельного сукна на пяльцах производится при помощи кольца (3) и откидных винтов (4). Рабочая поверхность пялец представляет собой кольцо с плоской поверхностью, пяльцы с заправленным абразивом устанавливаются на конусе (17) прибора, для чего на пяльцах имеется конусная лунка. Штифт в конусе (17) удерживает пяльцы от вращения. Для остановки прибора при появлении дыры на ткани имеется система размыкания сети в виде проволоки (10), закрепляемой в зажимах (24), расположенных на пяльцах. На бегунке (5) укреплена головка с обоймой для заправки в них образцов ткани (25). Обойма с заправленным в нее образцом ткани вращается относительно своей оси, одновременно с бегунком совершая движение в плоскости касания абразива. Рычажно-грузовая система (7) представляет собой механизм, обеспечивающий прижим пялец с абразивом к образцу ткани и состоит из шарнирно

закрепленного верхнего (18) и нижнего (19) рычагов.

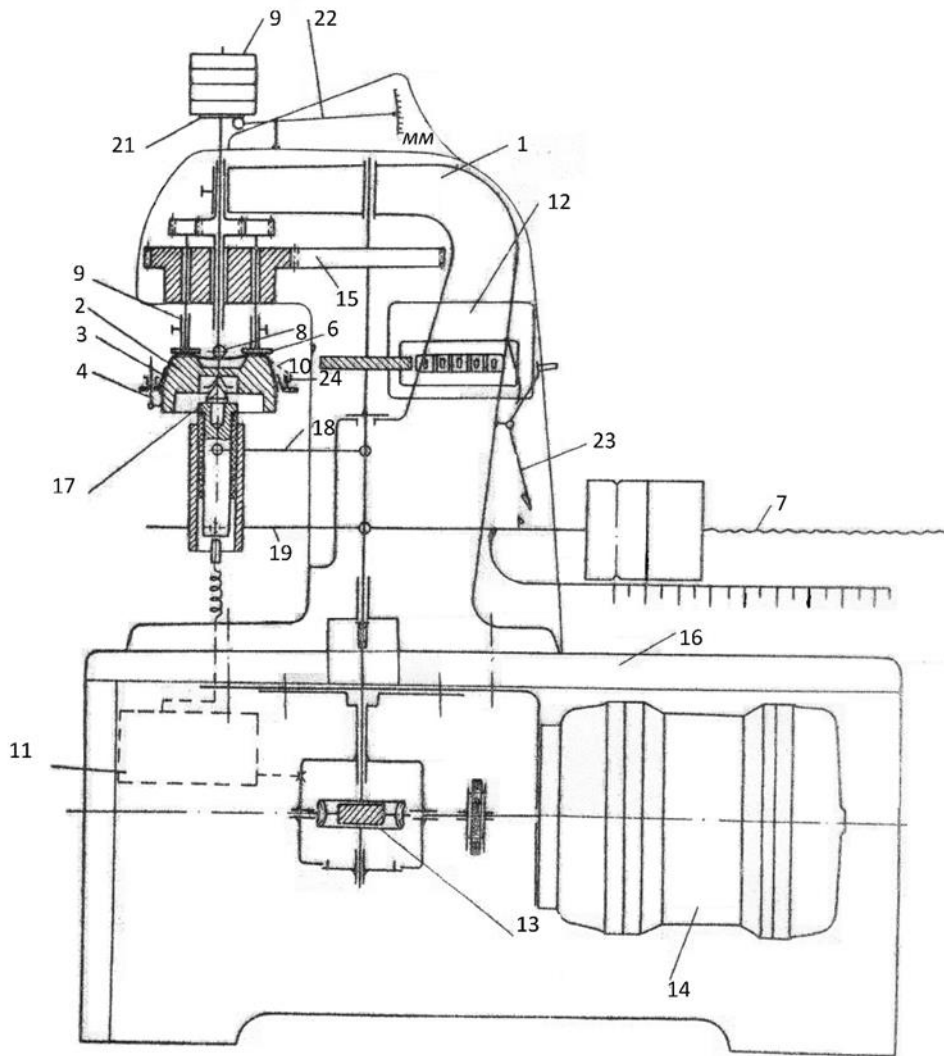


Рисунок 5.1 – Схема прибора для испытаний ткани на стойкость к истиранию (марки ПИТ).

На заднем конце нижнего рычага имеется стержень с резьбой, на котором надеты два цилиндрических груза. Перемещением грузов по резьбе стержня достигается требуемый прижим пялец с абразивом к образцу ткани. К нижнему рычагу прикреплена шкала, деления которой указывают величину нагрузки на абразив при соответствующем положении грузов. На шкале нанесены два ряда делений. Верхний ряд делений указывает нагрузку при работе с одним грузом, нижний ряд – при работе с двумя грузами – по левой кромке движка. На станине прибора имеется защелка (23), удерживающая нижний рычаг с грузами при съеме пялец для замены абразива. На пяльцах в зажимах (24) укреплена проволочка из нихрома  $\varnothing 0,2$  мм, свободно лежащая поверх сукна. В случае появления

дыры на ткани грибок касается проволоки на абразиве и замыкает цепь электронного реле, выключающего электродвигатель, приводящий прибор в движение. Сбоку на приборе смонтирован счетчик (12). Счетчик фиксирует количество оборотов бегунка с образцом ткани относительно пялец с абразивом и при автоматическом останове показывает количество истирающих циклов, выдержанных тканью до разрушения. В начале каждого испытания показания счетчика устанавливаются на ноль. Привод прибора осуществляется от электродвигателя (14)  $n=1400$  об/мин. Электродвигатель приводит во вращение червячный редуктор (13) прибора. Бегунок (5) вращается со скоростью 100 об/мин. В основании прибора (16) размещены редуктор (13) и часть электрооборудования.

Испытания тканей на приборе ПИТ производится в соответствии с Методикой определения стойкости тканей для шахтерской спецодежды к истиранию разработанной в рамках настоящей работы и утвержденной в установленном порядке (приложение Г). Проведение испытаний до разрушения одной-двух нитей проводятся следующим образом. Счетчик числа циклов перемещения абразива (12) (рисунок 5.1) устанавливают на ноль. Пяльцы (2) с заправленной элементарной пробой с помощью рычажно-грузовой системы (7) поднимают до соприкосновения с абразивом, заправленным в бегунок-истирающую головку (5) и включают прибор. Затем, проводят предварительное истирание двух контрольных элементарных проб до разрушения одной-двух нитей. Для этого прибор периодически (через каждые 10—20 циклов) останавливают, удаляют абразивную пыль мягкой кисточкой и осматривают поверхность пробы ткани.

При разрушении одной-двух нитей прибор включают и записывают по счетчику количество циклов истирания и определяют среднее арифметическое количество циклов истирания до разрушения одной-двух нитей контрольных элементарных проб ( $n_{к.п.}$ ). Гарантированное количество циклов истирания ( $n_1$ ) до первой остановки прибора, необходимого для осмотра поверхности проб, вычисляют по формуле:

$$n_1 = 0,5 n_{к.п.} \quad (5.1)$$



Вычисление проводят до целого числа с последующим округлением до числа, кратного пяти. Интервал ( $n_2$ ) между последующими остановками прибора вычисляют по формуле:

$$n_2 = 0,1 n_{к.п.} \quad (5.2)$$

Вычисление проводят до целого числа с последующим округлением до числа, кратного пяти. Первую остановку прибора делают при показании счетчика, равном ( $n_1$ ) циклов. При остановке прибора кисточкой удаляют накопившуюся пыль с абразива и элементарной пробы и осматривают истираемую поверхность. Дальнейшие остановки прибора, вплоть до разрушения одной-двух нитей, осуществляют через каждые ( $n_1$ ) циклов. При разрушении одной-двух нитей на поверхности опытной элементарной пробы прибор выключают. Количество циклов до разрушения одной-двух нитей при истирании каждой элементарной пробы фиксируются в протоколе.

Обработка результатов испытаний проводится следующим образом. При истирании до разрушения одной-двух нитей, по каждой элементарной пробе подсчитывают количество циклов истирания ( $M_i$ ) по формуле:

$$M_i = n_{i \text{ сч}} - 0,5n_2 \quad (5.3)$$

где  $i$  – номер опытной элементарной пробы;

$n_{i \text{ сч}}$  – показания счетчика;

$n_2$  – интервал между остановками прибора.

За показатель стойкости ткани к истиранию по плоскости ( $I_{исп}$ ) принимают среднее арифметическое количества циклов истирания до разрушения одной-двух нитей всех опытных элементарных проб. Данный показатель определяется по формуле:

$$I_{исп} = \frac{\sum_{i=1}^n M_i}{n} \quad (5.4)$$

где  $n$  – количество опытных элементарных проб.

Испытания на истирание элементарных проб до образования дыры проводятся следующим образом. Смену абразива при испытаниях проводят после каждых 5 тыс. циклов истирания элементарных проб. При образовании дыры на элементарной пробе прибор автоматически останавливается. Количество циклов истирания фиксируют счетчиком.

При истирании до образования дыры, за показатель стойкости к истиранию принимают среднее арифметическое количество циклов истирания всех элементарных проб.

Вычисления проводят до первого десятичного знака с последующим округлением до целого числа. Результаты испытаний фиксируются в протоколе.

### **5.3 Техничко-экономическая оценка спецодежды шахтерской**

Техничко-экономическая оценка тканей, применяющихся для изготовления спецодежды шахтеров, как было указано ранее, должна быть произведена на основании данных, полученных при исследовании комплекса свойств этих тканей в лабораторных и производственных условиях, который можно определить общим понятием – качеством тканей и спецодежды.

Под качеством тканей и спецодежды, из которых она изготовлена, мы понимаем совокупность их свойств, обуславливающих пригодность для удовлетворения определенной потребности в соответствии с ее назначением [88]. Это определение полностью соответствует понятию качества любой продукции. Свойство тканей – это одна из ее характеристик или частичная характеристика. В процессе выполнения настоящей работы свойства тканей изучались с помощью различных приборов и методов, и выражались определенными величинами, обычно имеющими конкретные размерности и называемые характеристиками. Числовые выражения характеристик именуются их показателями [90].

Исходя из этих определений, можно утверждать, что, во-первых, измерение и оценка качества – это измерение и оценка свойств изделия и, во-вторых, качество представляет собой понятие интегральное. Поэтому целесообразно продифференцировать интегральное качество, расчленив его на ряд групп и подгрупп. Если обозначить интегральное качество через  $K$ , то исходя из предложенного определения, можно записать:

$$K = \sum_{i=1}^n K_i, \quad (5.5)$$

где:  $K_i$  – свойство ткани по всей  $n$  – совокупности свойств, определяющих ее интегральное качество.

Если произвести группировку ряда составляющих свойств интегрального качества ( $i=1,2,3,\dots,n$ ) по каким-то признакам (по группам свойств) А, Б, В, то уравнение (5.5) можно будет представить в развернутом виде:

$$K = \sum_{i=1}^2 K_{Ai} + K = \sum_{i=2+1}^p K_{Bi} + K = \sum_{i=p+1}^n K_{Vi}. \quad (5.6)$$

Таким образом, представляется возможность анализировать качество по группам (а, следовательно, и свойствам), выделить из них главные и второстепенные и дать количественную оценку степени важности тех или иных групп свойств ткани в общей оценке ее интегрального качества для того, чтобы можно было произвести оценку социально-экономической эффективности применения спецодежды.

Помимо выше установленных параметров оценки характеристик свойств ткани и спецодежды в целом, при расчете эффективности внедрения спецодежды для горнорабочих нами дополнительно оценивались показатели частоты заболеваемости простудными болезнями и пиодермитами, как критерии эффективности защитных свойств спецодежды.

При оценке приведенных параметров использована «Методика определения социально-экономической эффективности применения средств индивидуальной защиты на предприятиях угольной промышленности» [50]. В соответствии с этой методикой был проведен расчет эффективности внедрения спецодежды для горнорабочих маломощных и крутопадающих пластов по показателям частоты заболеваемости простудными болезнями и пиодермитами [35, 92].

Прогнозный экономический эффект от внедрения спецодежды для маломощных пластов  $\mathcal{E}_{\text{оп}}$  определялся по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{оп}} = D_{\text{в}} + C_{\text{у}}, \quad (5.7)$$

где:  $D_{\text{в}}$  - дополнительный объем чистой продукции за счет сокращения потерь рабочего времени из-за болезней (количество), который определяется по формуле:

$$D_{\text{в}} = \frac{\sum_{i=1}^n K_{zi} \cdot Z_i + \sum_{i=1}^m K_{Ti} \cdot T_{\text{Тии}}}{100} \cdot Q_{\text{д}}(1 - K_m) \cdot N, \text{ рубл./год}, \quad (5.8)$$

где:  $Z_i$  - уровень заболеваемости  $i$ -тым производственно-обусловленным заболеванием при применяемой спецодежде в днях на 100 работающих;

$K_{zi}$  - коэффициент снижения  $i$ -тым заболеванием при внедрении спецодежды из новых тканей;

$n$  - число заболеваний, частота которых снижается при внедрении данного вида спецодежды, случаев;

$T_i$  - уровень микротравматизма при существующей спецодежде, в днях на 100 работающих;

$K_{Ti}$  - коэффициент снижения  $i$ -того вида микротравматизма при внедрении данной спецодежды;

$m$  - количество видов микротравматизма, частота которых снижается при внедрении данной спецодежды;

$Q_{\text{д}}$  - среднедневная выработка рабочего в оптовых ценах предприятия, рубли /чел./день;

$K_m$  - коэффициент материальных затрат на единицу стоимости товарной продукции;

$N$  - количество работающих на производстве, пользующихся новой спецодеждой, чел.

$C_{\text{у}}$  - изменение удельной стоимости спецодежды, определяемое по формуле:

$$C_{\text{у}} = \left[ \left( C_{\text{б}} \cdot \frac{12}{H_{\text{б}}} - C_{\text{н}} \cdot \frac{12}{H_{\text{н}}} \right) + (V_{\text{б}} - V_{\text{н}}) \right] \cdot N, \text{ рубли}, \quad (5.9)$$

где:  $C_{\text{б}}$  - цена базовой спецодежды, рубли;

$C_n$  - цена новой спецодежды, рубли;

$H_6$  - фактический срок носки базовой спецодежды, месяцы;

$H_n$  - фактический срок носки новой спецодежды, месяцы;

$U_6$  - годовые расходы по уходу (ремонту) за базовой спецодеждой в расчете на одного рабочего, рубли;

$U_n$  - годовые расходы по уходу за новой спецодеждой в расчете на одного рабочего, рубли;

$N$  - количество работающих на производстве, пользующихся новой спецодеждой, чел.

Сокращение потерь рабочего времени при совершенствовании ассортимента оценивают по снижению микротравматизма, заболеваемости с временной утратой трудоспособности, профессиональными болезнями и пиодермитами. Дополнительный объем чистой продукции за счет сокращения потерь рабочего времени вследствие микротравмирования был рассчитан по контингенту горнорабочих, подвергающихся риску травмирования кожных покровов, и снижения простудной заболеваемости по контингенту горнорабочих, подвергающихся воздействию субнормальных температур; вследствие снижения пиодермитов - по контингентам, нуждающимся в спецодежде при работе на маломощных и крутопадающих пластах.

Социально-экономическую эффективность внедрения спецодежды для горнорабочих маломощных пластов, определяли следующим образом.

На маломощных и крутопадающих пластах горнорабочие должны обеспечиваться спецодеждой, предназначенной для этих условий труда, которая имеет на 30% более длительный срок эксплуатации по сравнению с серийно выпускаемой. Изменение удельной стоимости касается пакетов спецодежды для условий охлаждающих, субнормальных и нормальных температур, где необходим утепленный вариант для условий угольных шахт, разрабатывающих маломощные, крутопадающие, обводненные пласты с нагревающим микроклиматом; для шахт, горнорабочие которых должны обеспечиваться спецодеждой, предусмотренной при работах с температурой выше 26<sup>0</sup>С:

$$D_{\text{в}} = Z_i \cdot K \cdot Q_{\text{д}} \cdot (1 - K_{\text{м}}) \cdot N, \quad (5.10)$$

где:  $Z_i$  - уровень заболеваемости с временной утратой трудоспособности горнорабочих простудными заболеваниями при охлаждающих субнормальных и нормальных температурах - 220 на 100 рабочих и пиодермитами до применения спецодежды для маломощных и крутопадающих пластов - 108 на 100 рабочих;

$K$  - коэффициент снижения частоты заболеваемости простудными болезнями при введении спецодежды для этих условий равен 16%, пиодермитов – 33 %;

$Q_{\text{д}}$  - среднедневная выработка рабочего в оптовых ценах предприятия равна 399,24 руб./чел./день;

$K_{\text{м}}$  - коэффициент материальных затрат на единицу стоимости товарной продукции равен 0,43;

$N_1$  - количество горнорабочих, работающих при температуре в выработках до 26°C, которые будут пользоваться при охлаждающих субнормальных и нормальных температурах – 14,6 тыс. чел.;

$N_2$  - количество горнорабочих, которые будут пользоваться спецодеждой для маломощных пластов для профилактики пиодермитов – 16,5 тыс. чел.

Подставляя указанные выше величины в формулу 5.10, получаем дополнительный объем чистой продукции при снижении простудной заболеваемости:

$$D_{\text{в}} = 1169511,3 \text{ руб.}, \quad (5.11)$$

где:  $Z_i = 220$ ;  $K_{zi} = 0,16$ ;  $Q_{\text{д}} = 399,24$ ;  $K_{\text{м}} = 0,43$ ;  $N = 14600$ .

При снижении пиодермитов:

$$D_{\text{в}} = 1338229,32 \text{ руб.}, \quad (5.12)$$

где:  $Z_i = 108$ ;  $K_{zi} = 0,43$ ;  $N = 16500$ .

При расчете изменения удельной стоимости спецодежды кроме цены комплекта учитывалось также увеличение срока носки:

$$C_y = \left[ (C_{\text{б}} \cdot \frac{12}{H_{\text{б}}} - C_{\text{н}} \cdot \frac{12}{H_{\text{н}}}) + (Y_{\text{б}} - Y_{\text{н}}) \right] \cdot N, \quad (5.13)$$

где  $C_6$  - цена спецодежды, применяемой по ГОСТ 12.4.110-82 – 1051,73 руб. (куртка – 608,14 руб., брюки – 443,59 руб.);

$C_H$  - цена новой спецодежды для маломощных пластов: утепленный вариант – 998,66 руб. (куртка – 586,64 руб., брюки – 412,02 руб.), вариант, предусмотренный при работах с температурой выше 26<sup>0</sup>С – 959,36 руб. (куртка – 522,69 руб., брюки – 437,97 руб.);

$H_6$  - фактический срок носки базовой спецодежды, для куртки равен - 9 мес., для брюк - 3 мес.;

$H_H$  - фактический срок носки новой спецодежды, для куртки равен - 12 мес., для брюк - 5 мес.;

$U_6$ - годовые расходы по уходу (ремонту) за базовой спецодеждой в расчете на одного рабочего, для куртки – 292,82 руб., для брюк – 197,93 руб.;

$U_H$  - годовые расходы по уходу за новой спецодеждой в расчете на одного рабочего, для куртки – 266,32 руб., для брюк – 191,63 руб.;

$N_1$  - количество горнорабочих, которые будут пользоваться при охлаждающих субнормальных и нормальных температурах - 14,6 тыс. чел. с температурой в выработках до 26<sup>0</sup>С; вариантом, предусмотренным при работах с температурой выше 26<sup>0</sup>С, - 8,5 тыс.;

$N_2$  - количество горнорабочих, которые будут пользоваться спецодеждой для маломощных пластов для профилактики пиодермитов - 16,5 тыс. чел.

Подставляя указанные величины в формулу, получим для утепленного варианта:

- по курткам

$$C_y = 3\,364\,424 \text{ руб.}, \quad (5.14)$$

где:  $C_6 = 608,14$  ;  $C_H = 586,64$  ;  $H_6 = 9$ ;  $H_H=12$ ;  $U_6 = 292,82$  ;  $U_H = 266,32$ ;

$$N = 14600.$$

- по брюкам

$$C_y = 10651138 \text{ руб.}, \quad (5.15)$$

где  $C_6 = 443,59$ ;  $C_H = 437,97$ ;  $H_6 = 3$ ;  $H_H=5$ ;  $U_6 = 197,93$ ;  $U_H = 191,63$ ;  $N = 14600$ .

Вариант, предусмотренный при работах с температурой выше 26<sup>0</sup>С,:

- по курткам

$$C_y = 2674610 \text{ руб.}, \quad (5.16)$$

где  $C_6 = 608,14$  ;  $C_n = 522,69$ ;  $H_6 = 9$ ;  $H_n=12$ ;  $V_6 = 292,82$  ;  $V_n = 266,32$ ;  $N = 8500$ .

- по брюкам

$$C_y = 6201005 \text{ руб.}, \quad (5.17)$$

где  $C_6 = 443,59$ ;  $C_n = 437,97$ ;  $H_6 = 3$ ;  $H_n=5$ ;  $V_6 = 197,93$ ;  $V_n = 191,63$ ;  $N = 8500$ .

Соответственно экономический эффект внедрения спецодежды для горнорабочих маломощных пластов для отрасли равен:

$$\mathcal{E}_{оп} = 25\,398\,917 \text{ руб.} \quad (5.18)$$

Таким образом, экономический эффект для отрасли при полном объеме внедрения спецодежды для горнорабочих маломощных пластов составит более 25 млн. руб.

## Выводы к разделу 5

1. На основании проведенных исследований эксплуатационных, защитных и гигиенических свойств спецодежды шахтерской определен порядок рационального применения спецодежды из тканей с добавками синтетических волокон, что позволило установить основные технические требования к спецодежде для маломощных и крутопадающих пластов.

2. Для исследования интенсивности воздействия механических факторов производственной среды на спецодежду горнорабочего, в соответствии с Техническим заданием, согласованным и утвержденным в установленном порядке, разработан и изготовлен прибор ПИТ, предназначенный для испытания тканей на стойкость к истиранию и позволяющий оценить степень изменения эксплуатационных и гигиенических характеристик спецодежды, в зависимости от условий ее эксплуатации.



Разработана инструкция по эксплуатации прибора ПИТ, программа и методика аттестации прибора по которой она и проведена.

3. Проведенный экономический расчет спецодежды для горнорабочих маломощных пластов по показателям частоты заболеваемости простудными болезнями и пиодермитами показывает социально-экономическую значимость применения средств индивидуальной защиты на предприятиях угольной промышленности. Экономический эффект для отрасли при полном объеме внедрения спецодежды для горнорабочих маломощных пластов составит более 25 млн. руб.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Выполнен анализ и сформирована номенклатура ОВПФ шахтной среды, воздействие которых может регулироваться спецодеждой. Путем кластерного анализа установлена степень влияния ОВПФ на анатомо-топографические зоны тела шахтеров по показателям микротравм и пиодермитов в зависимости от рабочих поз, обусловленных горно-геологическими и горнотехническими условиями.

2. Разработана методология комплексной оценки эффективности тканей для спецодежды шахтеров на основе установления закономерностей риска поражения горнорабочих ОВПФ, что позволяет оценить надежность защиты каждой определенной зоны и суммы защиты различных зон. Моделирование зависимостей между уровнями ОВПФ, действующими на шахтера до и после защиты спецодеждой, оцениваемых по величине суммарного значения риска, определяющего вероятность получения микротравмы или пиодермитов, выполнено с использованием корреляционного и многофакторного регрессионного анализа.

3. Разработана иерархия защитных свойств спецодежды шахтеров, позволяющая детализировать последовательность проведения их комплексной оценки.

4. Исследована продолжительность механических воздействий на тело шахтеров основных профессий в зависимости от мощности пласта и относительного времени работы в вынужденных рабочих позах

5. Определены доверительные границы средней величины массы тканей ( $M_2$ ) в генеральной совокупности, выход за пределы, которых вследствие случайных колебаний имеет незначительную вероятность. Установлено, что с вероятностью безошибочного прогноза  $p=95\%$  масса ткани в генеральной совокупности не превышает 424,82 г. и не ниже 424,42 г., при  $p=99\%$  - 425,32 г. и 424,28 г., а при  $p=99,9\%$  - 425,52 г. и 424,08 г. соответственно.

6. Расчет величины износа тканей показал, что потеря плотности тканей после 6000 циклов составила 77-78,9 %. Нарастание процента износа объясняется, износом структуры ткани, снижением массовой доли пропитки. Коэффициент детерминации по ткани «Горизонт»  $R^2 = 0,9647$ , по ткани «Шахтер»  $R^2 = 0,9677$ , что свидетельствует о сильной связи между базовой переменной и зависимыми от нее переменными.

7. Получены уравнения регрессии, описывающие зависимость изменения величин пылепроницаемости, воздухопроницаемости, гигроскопичности, водоупорности, разрывной и раздирающей нагрузки ткани от степени ее истираемости, выраженной показателями поверхностной плотности ткани. Коэффициент корреляции превышает 90 %, что свидетельствует о наличии сильной связи между базовым и переменными показателями.

8. Прогнозные уровни эксплуатационных, гигиенических и защитных показателей тканей, полученные путем применения критерия Пирсона, устанавливающие вероятность соответствия расчетных данных с фактическими, позволили прогнозировать изменение свойств тканей в зависимости от сроков эксплуатации спецодежды в условиях больших механических нагрузок.

9. На основании проведенных исследований определен порядок рационального применения спецодежды шахтерской, что позволило установить основные технические требования к ней для маломощных и крутопадающих пластов.

10. Разработан и изготовлен прибор ПИТ, предназначенный для испытания тканей на стойкость к истиранию и позволяющий оценить степень изменения эксплуатационных и гигиенических характеристик спецодежды, в зависимости от сроков ее эксплуатации, инструкция по его эксплуатации, программа и методика аттестации.

11. Экономический эффект, рассчитанный по показателям частоты заболеваемости простудными болезнями и пиодермитами для отрасли при полном объеме внедрения спецодежды для горнорабочих тонких пластов составит более 25 млн. руб.

## Список литературы

1. Руководство по борьбе с пылью в угольных шахтах. – М.: Недра, 1981. - 271 с.
2. Гродель, Г.С. Изучение вопросов пылеподавления при выемке угля и разработка метода оценки угольных пластов по пылевому фактору / Э.Н. Медведев, И. Г. Ищук, Г.С. Забурдяев // Борьба с силикозом. – М.: Наука, 1977. - Т.10. - С.12-16.
3. Меняйло, Н.И. Гигиеническая оценка забоев угольных шахт Донбасса по пылевому фактору / Н.И. Меняйло // Научно-технический прогресс и оздоровление труда в угольной и металлургической промышленности: сб. научн. тр. - Донецк, 1975. - С. 32-34.
4. Мухина, К.Ш. Основные тенденции динамики распространенности пневмокониоза на шахтах с различными горно-геологическими условиями / К.Ш. Мухина // Оздоровление труда в угольной промышленности: 4-я респ. конф. молодых ученых медиков, 17-18 окт. 1983 г.: тезисы докл. - Донецк, 1983. - С. 153-154.
5. Борисенкова, Р. В. О зависимости патогенного действия шахтной угольной пыли от вещественного и дисперсного состава / Р. В. Борисенкова, А. В. Ильницкая, Т. А. Кочеткова [и др.] // Борьба с силикозом. - М.: Наука, 1977. - Т. 10. - С.171-177.
6. Kommission der Europaischen Gemeinschaften / К. Robok // In: Technische Staubbekämpfung in Bergbau Informationstatung. - Luxemburg, 1972. - (11-13/X). – P. 133-147.
7. Медведев, Э.Н. Разработка метода повышения эффективности увлажнения угля в массиве / Э.Н. Медведев // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах: сб. научн. тр. – Макеевка: МакНИИ, 1998. – С. 282-286.
8. Коренев, А.П. Оценка эффективности и область рационального применения смачивателей для борьбы с пылью в шахтах / А.П. Коренев // Пути

повышения безопасности горных работ в угольной отрасли: сб. научн. тр. – Макеевка: МакНИИ, 2004. – С. 396-401.

9. Долженков, А.Ф. Анализ и пути совершенствования деятельности санитарно-профилактических лабораторий по оздоровлению условий труда в угольной промышленности: автореф дис. на соиск. учён. степени канд. мед. наук: спец. 14.00.07 «Гигиена» / А.Ф. Долженков. – К., 1986. - 22 с.

10. Сальцевич, Л.Л. Влияние запыленности кожных покровов на гнойничковую заболеваемость / Л.Л. Сальцевич, Ю.П. Тихов // Уголь Украины. – 1981. - №5. - С. 34.

11. Меняйло, Н.И. Гигиеническая оценка современных средств пылеподавления на углевыемочных комбайнах / Н.И. Меняйло // Материалы пленума респ. комиссии по борьбе с силикозом, 16-19 марта 1972 г.: тезисы докл. – К.: Наукова думка, 1972. - С. 192-197.

12. Кашуба, О.И. Новый смачиватель для борьбы с пылью / О. И. Кашуба, Б.М. Кривохижа, Н.А. Гамза, В.А. Багацкий // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах: сб. научн. тр. – Макеевка: МакНИИ. - 2001. – С. 64-68.

13. Коренев, А.П. Анализ состояния и пути нормализации условий труда и безопасности по пылевому фактору в угольных шахтах / А.П. Коренев, В.А. Маркин, О.И. Кашуба // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах: сб. научн. тр. – Макеевка: МакНИИ. – 2001. - С. 56-64.

14. Долженков, А.Ф., Воробьев В.Д., Крючков А.И., Долженков С.А. Повышение эффективности средств индивидуальной защиты горнорабочих угольных шахт: под общей ред. Воробьева В. Д.// Донбасс. – Донецк – 2011 – 218 с. (монография)

15. Кузьмин, Ф.И. Задачи обеспечения надежности технических систем / Ф. И. Кузьмин. – М.: Радио и связь, 1982. – 175 с.

16. Оппл, Л. Методика измерений микроклиматических условий в гигиенической практике / Л. Оппл, М. Йокл. - М.: Медгиз, 1962. - 123 с.

17. Шахбазян, Г.К. Гигиена производственного микроклимата / Г. К. Шахбазян, Ф. М. Шлейфман. – К.: Здоров'я, 1977. - 136 с.
18. Правила безпеки у вугільних шахтах. – Офіц. вид. – К.: Відлуння, 2010. – 398 с.
19. Підприємства вугільної промисловості: ДСП 3.3.1-095-2002. – [Чинний від 13.12.02]. – К.: Держстандарт України, 2002. – 26 с.
20. Шварц, Э.Э. Масляный аэрозоль в рудничном воздухе / Э.Э. Шварц // Безопасность труда в промышленности. – 1969. - № 1. - С. 44-45.
21. Шварц, Э.Э. Оценка масляного аэрозоля в атмосферном воздухе подземных выработок / Э.Э. Шварц // Гигиена труда и профзаболевания. – 1970. - № 2. - С. 59.
22. Суханов, В.В. Комплексный гигиенический анализ условий труда в глубоких шахтах / В.В. Суханов // Техника безопасности, охрана труда, горноспасательное дело: научн. техн. реф. сб. – М.: ЦНИЭИуголь, 1982. - № 6. - С. 12-14.
23. Долженков, А.Ф. Развитие научных основ создания высокоэффективных средств индивидуальной защиты шахтеров: дис. на соиск. учён. степени док-ра. техн. наук: спец. 05.26 01 – «Охрана труда» / А. Ф. Долженков. – Макеевка, 2009. - 422 с.
24. Дервянский, В.Ю. Анализ смертельного травматизма на угольных шахтах по опасным производственным факторам и основные направления его профилактики/ В.Ю. Дервянский., В.Е. Герасименко, В.Л. Овчааренко // Современные проблемы охраны труда и аэрологии горных предприятий // Сборник научных трудов III научно-технической конференции молодых ученых, студентов и аспирантов. – Донецк: ДонНТУ. – 2015. – С. 3-8.
25. Інструкція з експлуатації засобів індивідуального захисту шахтарів // Збірник інструкцій до правил безпеки вугільних шахтах: НПАОП. 0-5.20-04. – К.: 2003. - Т. 2. - С. 143-165.
26. Галузеві норми безплатної видачі спецодягу, спецвзуття та інших засобів індивідуального захисту для працівників вугільної промисловості / [Брюханов

О.М., Долженков А.П., Крутенко С.А. та ін.]; під загальною редакцією А. П. Долженкова–Макеевка: МакНІІІ, 2005. – 218 с.

27. Рассолов, Н.И., Долженков А.Ф. Организация анализа заболеваемости в работе санитарно-профилактических лабораторий // Молодые учёные – научно-техническому прогрессу в угольной промышленности: Респ. научн конференция. Донецк, 17-18 октября 1985 г. - Донецк, 1985. - С. 145-146.

28. Кобец, Г.П., Долженков А.Ф. Учёт и анализ заболеваемости с применением ЭВМ на предприятиях угольной промышленности // Оздоровление условий труда, профилактика заболеваний горнорабочих и горноспасателей, организация экстренной медицинской помощи на угольных шахтах: Респ. научн конференция. Донецк, 17-18 июня 1985 г. - Донецк, 1985. - С. 85-86.

29. Алексеева, С.П., Тихов Ю.П. Состояние иммунобиологической реактивности организма горнорабочих угольных шахт различной глубины // Гигиена и санитария. – 1969. - №8. - С. 79-81.

30. Петрунь, М.Н. Газообмен через кожу и его значение для организма человека. – М.: Медгиз, 1960. - С.180.

31. Маршак, М.Е. Влияние запыления кожи на потоотделение // Гигиена труда. – 1927. - № 10. - С. 11-15.

32. Роль средств индивидуальной защиты в охране труда шахтёров / Н.И. Рассолов, Е.Г. Трубников, М.З. Иткин // Уголь. – 1985. - № 7. - С. 55-57.

33. Зингер, Ф.Х. Медицинское обслуживание шахтёров. – К.: Здоров'я, 1986. - С. 214.

34. Гарина, М.Г. Распространённость пиодермитов в связи с условиями труда // Вопросы гигиены труда и профессиональной патологии в угольной, горнорудной и металлургической промышленности: Сб. научн. тр. – К.: Здоров'я, 1968. - С. 56-59

35. Иткин, М.З. Сезонные колебания заболеваемости пиодермитами горнорабочих угольных шахт Донбасса / М.З. Иткин, Ю.П. Тихов, В.В. Цивун // Кондиционирование рудничного воздуха в глубоких шахтах: Сб. научн. тр. - Вып. 6. - Макеевка, 1978. - С. 56-62.

36. Куйда, Л.В. Топография пиодермитов и травм у шахтёров / Л.В. Куйда, С.И. Цыкин, Е.А. Перцевой, Е.Н. Прокудова // Предупреждение травматизма и производственная санитария в шахтах: Сб. научн. тр. – Макеевка: МакНИИ, 1986. – С. 20-23.

37. Создать комплекс средств индивидуальной защиты для горнорабочих, работающих на маломощных пластах: Отчёт о НИР (заключ.) / МакНИИ. – № ГР 0187.0005698; Инв. № 1700430000-083. - Макеевка, 1989. – 125 с.

38. ГОСТ 12.4.110-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Комплекты шахтерские для защиты от механических воздействий и общих производственных загрязнений. Технические условия: - [Действителен с 1983-01-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 19 с.

39. Овчаренко, В.Л., Муфель Л.Н. Обоснование технических требований к утеплённой водозащитной спецодежде для проходчиков вертикальных стволов // Борьба с травматизмом в угольных шахтах: Сб. научн. тр. – Макеевка: МакНИИ. – 1982. - С. 128.

40. Разработка и обоснование проекта технических и санитарно-гигиенических требований к прорезиненным тканям для спецодежды шахтёров: Отчёт о НИР (заключительный) / МакНИИ; № ГР 70013981; Инв. № 30/4.- Макеевка, 1970. - С. 128.

41. Гигиеническая оценка экспериментальных образцов антимикробного белья, содержащего гексахлорофен / В.В. Борщенко., Ф.К. Савинич, А.П. Рогатовская // Космическая биология и авиакосмическая медицина. – 1976. - № 6. - С. 73-76.

42. К вопросу о безвредности и эффективности применения антимикробного белья в родильных домах // А.И. Гусева, Н.П. Лихачёва, В.С. Кощев и др // Гигиена и санитария. – 1981. - № 7. - С. 30-32.

43. Разработать средства индивидуальной защиты из антимикробных материалов для шахтёров: Отчёт о НИР (заключит.) / МакНИИ. - № ГР 80039019; Инв. № 1700704202-083. – Макеевка, 1982. – 44 с.



44. Колесников, П.А. Основы проектирования теплозащитной одежды. - М.: Лёгкая индустрия, 1971. - С. 112.
45. ГОСТ 20489-75. Материалы для одежды. Метод определения суммарного теплового сопротивления. - Взамен ГОСТ 13925-68; Введ. 01.01.76. - М.: Изд-во стандартов, 1975. – 11 с.
46. Санитарно-гигиеническая оценка защитных свойств спецодежды и степени загрязнения химическими веществами тепловозремонтных бригад / В.С. Суворов, Р.Ф. Штеренгарц, И.С. Новикова, И.К. Рыжова // Гиг., физиол. и эпидемиол. на железнодорожном транспорте. – М.: Медгиз, 1973. - Вып. 53. - С. 21-25.
47. Киселева, В.В. Исследование защитных свойств материалов для спецодежды рабочих нефтеперерабатывающей промышленности: Автореф. дис... канд. техн. наук / Донецкий мед. институт. - Донецк, 1981. - С. 24.
48. Метод определения смазочных масел: А. с. № 1065747 СССР / Н.Т. Ярым – Агаева, Р.В. Горская – Заявлено 1983; Опубликовано 1984, Бюл. № 16. - 2 с.
49. Азгальдов, Г. Г. Теория и практика оценки качества товаров (основы квалиметрии) / Г. Г Азгальдов. - М.: Экономика, 1982. - С. 256.
50. Методика определения социально-экономической эффективности применения средств индивидуальной защиты на предприятиях угольной промышленности. – Макеевка – Донбасс, 1983. – 36 с.
51. Суханов, В.В. Комплексная гигиеническая оценка риска условий и характера труда (профессионального риска) горнорабочих // Медицина труда в угольной промышленности: Сб. научн. тр. - Донецк, 2000. – С. 57-62
52. Пустыльник, Е. И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений / Е. И. Пустыльник. - М.: Наука. - 273 с
53. Бережная, Е. В., Бережной В. И. Математические методы моделирования электрических систем /. - М.: Финансы и статистика, 2003. – 368 с.
54. Тарасенко, С.Л. Испытания ткани на стойкость к истиранию / С.Л. Тарасенко // Научный вестник НИИГД «Респиратор»: науч.-техн. журн. – Донецк, 2018. – №1(55). – С. 122-128.

55. Рекомендации по выбору тканей для различных видов спецодежды. Иваново, 1994. – С. 112.

56. Амирова, Э.К. Проектирование спецодежды из разнопрочных льнолавсановых тканей / Э. К. Амирова, А. Я. Барчукова // Экспресс-информация. – М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1985. - 5. - С. 2-11; вып. 1

57. Пушкин, П.С., Аксенов Л.П. Определение экономической эффективности мероприятий по совершенствованию производства на предприятиях легкой промышленности. ЦНИИТЭИлегпром, М., 1970.

58. Давыдов, В.Я., Краузе О.К. Комплексный метод оценки водоотталкивающих хлопчатобумажных тканей, применяемых для спецодежды. В сб. «Научные работы институтов охраны труда ВЦСПС», вып. 43, Профиздат, 1966.

59. Тихов, Ю.П., Онопа Н.П. Исследование микроклиматических условий труда и физиолого-гигиеническая оценка применяемой спецодежды на шахтах Донецкого, Подмосквовного, Львовско-Волынского бассейнов и Грузинской ССР. Технический отчет МакНИИ, 1969

60. Гичагин, В.И., Афанасьева Р.Ф. Разработка методов гигиенической оценки одежды летного и технического состава ВВС в полевых и лабораторных условиях. Технический отчет ЦНИИШП, 1960.

61. Ладарія, О. Г. Оцінка мікроклімату на робочих місцях гірників глибоких вугільних шахт / Ладарія О. Г., Валуціна В. М., Мирна О. В. // Актуальні проблеми гігієни праці, професійної патології і медичної екології Донбасу: зб. наук. пр. – Донецьк: Каштан, 2005. – С. 46-52.

62. Долженков, А.Ф. Установление требований к защитным свойствам шахтёрской спецодежды / А.Ф. Долженков, Р.А. Садымака // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах: сб. научн. тр. – Макеевка: МакНИИ. -1998. - С. 196-200.

63. Модестова, Т.А., Флерова Л.Н., Бузов Б.А. Материаловедение швейного производства. «Легкая индустрия», М., 1969.

64. Марголин, И.С. Износостойкость тканей из шерсти и химических волокон. «Легкая индустрия», М., 1967
65. Кукин, Г.Н., Соловьев А.Н. Текстильное материаловедение, ч.III. «Легкая индустрия», М., 1967.
66. Дроздов, Л.Н. Спецодежда, предохранительные приспособления и спецобувь для работников угольной промышленности. ЦНИИЭуголь, М., 1967.
67. Долженков, А.Ф. Разработка и исследование качества спецодежды, для работающих на маломощных угольных пластах / А.Ф. Долженков // Вісник національного науково-дослідного інституту охорони праці. – Серія „Гірництво”. – Київ. – 2004. – С. 96-102; вип. 11.
68. ГОСТ 17770-86 Машины ручные. Требования к вибрационным характеристикам [Действующий с 01.07.1987] – М.: ИПК Издательство стандартов 1999. - 6 с.
69. ДСТУ 3004-95 Надійність техніки. Методи оцінки надійності за експериментальними даними. – [Чинний з 01.01.1997.] – К.: Держстандарт України, 1995. – 168 с. – (Національний стандарт України).
70. Литвиненко, Г.Є. Заходи підвищення надійності засобів індивідуального захисту / Г.Є. Литвиненко, Л. Д. Третьякова // Вісник Київського національного університету технології та дизайну. –2010. – № 4 (54). – С. 141–148.
71. Вагнер, Г. Основы исследования операций. Т. 1 / Г. Вагнер. – М.: Мир, 1972. – 336 с.
72. Долженков, А. Ф. Эксплуатационные свойства тканей для спецодежды шахтеров/ Долженков, А.Ф., Тарасенко С.Л. // Научный вестник НИИГД «Респиратор». – 2017. - №4(54). – с. 92-100.
73. Разработать и освоить производство спецодежды для горнорабочих крутопадающих пластов: Отчёт о НИР (заключ.) / МакНИИ. – № ГР UA01003189 Р; Инв. № 1719203060. - Макеевка, 1994. – 41 с.

74. Иткин, М.З. Гигиеническое обоснование требований к спецодежде горнорабочих основных профессий угольных шахт Донбасса: дис. ... канд. мед. наук: 14.00.07 / Иткин Михаил Захарович. - Макеевка, 1971. - 201 с.

75. Долженков, А.Ф. Оценка износостойкости спецодежды по изменению показателей гнойничковой заболеваемости и микротравматизации кожи горнорабочих/ А.Ф. Долженков, С.Л. Тарасенко // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах: сб. научн. тр. – 2013. – 2 (32) 2014. – С. 198-205.

76. ГОСТ 3811-72 (ИСО 3932-76, ИСО 3933-76, ИСО 3801-77) Материалы текстильные. Ткани, нетканые полотна и штучные изделия. Методы определения линейных размеров, линейной и поверхностной плотностей (с изменениями № 1-4) [Действующий с 01.01.1973] – М.: ИПК Издательство стандартов 2003. - 8 с.

77. ГОСТ 3813-72 (ИСО 5081-77, ИСО 5082-82) Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяжении (с Изменениями № 1-3) [Действующий с 01.01.1973] – М.: ИПК Издательство стандартов 2003. - 11 с.

78. ГОСТ 18976-73 Ткани текстильные. Метод определения стойкости к истиранию (с Изменениями № 1, 2) [Действующий с 01.07.1974] – М.: ИПК Издательство стандартов 1985. - 5 с.

79. ГОСТ 12088-77 Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения воздухопроницаемости (с Изменениями № 1, 2) [Действующий с 01.01.1979] – М.: ИПК Издательство стандартов 2003. - 9 с.

80. ГОСТ 8710-84 Материалы текстильные. Метод определения изменения размеров тканей после мокрой обработки [Действующий с 01.01.1985] – М.: ИПК Издательство стандартов 1984. - 5 с.

81. ГОСТ 3816-81 (ИСО 811-81) Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств (с Изменениями № 1-4) [Действующий с 01.07.1982] – М.: ИПК Издательство стандартов 1984. - 12 с.

82. ГОСТ 17804-72 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Одежда специальная. Метод определения пылепроницаемости тканей и соединительных швов (с Изменениями № 1-3) [Действующий с 01.07.1973] – М.: ИПК Издательство стандартов 1985. - 5 с.

83. ГОСТ 12.0.003-74. (СТ СЭВ 790-77). ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – Введён впервые 01.01.76. – М.: Изд-во стандартов, 1975. - 3 с.

84. Савостицкий, Н.А., Амирова Э.К. Материаловедение швейного производства. - М.: изд. центр Академия, 2002. – 240 с.

85. Бузов, Б.А., Алыменкова Н. Д. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности. – М.: изд. центр Академия, 2004. – 448 с.

86. Долженков, А.Ф. О перспективах рационализации средств индивидуальной защиты, применяемых в угольной промышленности / А. Ф. Долженков // Пути повышения безопасности горных работ в угольной отрасли: 8-9 дек. 2004: тезисы докл. – Макеевка: МакНИИ, 2004. – С. 180-183.

87. Долженков, А.Ф. О совершенствовании системы контроля качества и безопасности средств индивидуальной защиты / А. Ф. Долженков // «Уголь Украины». – № 10. – 2005. - С. 28-30.

88. Долженков, А.Ф. Критерии оценки износостойкости спецодежды при работах на маломощных пластах / А.Ф. Долженков // Вісник національного технічного університету України «КПІ»: зб. наук. праць. Серія «Гірництво». – 2015. – Вип. 29. – С. 43 – 49.

89. Гинзбург, Р.Ф., Пушкин П.С., Попков В.И. Экономическая эффективность от повышения качества производственной одежды. «Швейная промышленность», №2, 1969.

90. Роберт, А. Донелли-мл. Статистика. / Роберт А. Донелли-мл.; пер. с англ. Н. А. Ворониной. – М.: Астрель: АСТ, 2007. – XIV. – С. 299-301

91. Тарасенко, Д.Л. Законодательные и нормативные акты стимулирования работ по обеспечению безопасных условий труда/ Тарасенко Д.Л., Тарасенко С.Л.

// Материалы международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы защиты окружающей среды и техносферной безопасности в меняющихся антропогенных условиях» – «Белые ночи-2014» – (г. Грозный, 1-3 июня 2014 г.). 658 с. – С.101-105.

92. Тарасенко, С.Л. Социально-экономическая эффективность внедрения спецодежды для горнорабочих маломощных пластов / С. Л. Тарасенко // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах: Сб. научн. тр. МакНИИ – 2015. – 2 (34) 2014. – С. 127-133.

93. Тарасенко, С.Л. Оценка износостойкости средств индивидуальной защиты как фактор влияющий на уровень заболеваемости горнорабочих / С.Л. Тарасенко // Дни науки-2017: Сборник научных трудов по результатам II Международной научно-практической конференции «Экономика и право: становление, развитие, трансформация» в 3-х т. Т.3 – Макеевка: МЭГИ, 2017. – С. 175-177.

94. Долженков, А.Ф. Особенности применения комплексного подхода при оценке защитных свойств спецодежды шахтерской / А.Ф. Долженков, С.Л. Тарасенко // XII Международная научно-практическая конференция «Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно-развитых регионах». - Кузбасский национальный технический университет. – Кемерово, 2017. – С. 112-1 – 112-8.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Приложение А

ДОНЕЦКАЯ НАРОДНАЯ РЕСПУБЛИКА  
 МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
 МИНИСТЕРСТВО УГЛЯ И ЭНЕРГЕТИКИ  
**Государственный Макеевский научно-исследовательский институт  
 по безопасности работ в горной промышленности  
 (МакНИИ)**  
 ул. Лихачёва, 60, Макеевка Донецкой обл., 86108  
 Тел. (062) 300-11-32, (0623) 22-22-18, e-mail: [maknii2014@gmail.com](mailto:maknii2014@gmail.com)

СОГЛАСОВАНО  
 Главный инженер  
 ОП «Макеевский ремонтно-  
 механический завод»  
 ГП «Макеевуголь»

«07» \_\_\_\_\_ 2015 г.  
 В.В. Емельянов



УТВЕРЖДАЮ  
 Заместитель директора  
 по научной работе МакНИИ

«07» \_\_\_\_\_ 2015 г.  
 О.А. Демченко



### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ НА ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКУЮ РАБОТУ «ПРИБОР ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ТКАНЕЙ НА СТОЙКОСТЬ К ИСТИРАНИЮ»

РАЗРАБОТАНО:

МакНИИ

Зав. отделом ОССиС

*Гарасенко С.Л.*  
 Гарасенко С.Л.

«14» 07 2015 г.

Наименование ОКР – «Разработка прибора для испытаний тканей на стойкость к истиранию»

1.1 Наименование изделия: ПИТ

1.3 Основание для выполнения ОКР – Основанием для выполнения разработки является план НИР для Министерства науки и образования ДНР на 2015.

**2 ИСПОЛНИТЕЛЬ** – отдел оценки соответствия, сертификации и стандартизации МакНИИ.

**3 ИЗГОТОВИТЕЛЬ** – отдел оценки соответствия, сертификации и стандартизации МакНИИ.

#### **4 ЦЕЛЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ОКР И НАЗНАЧЕНИЕ ПРОДУКЦИИ**

4.1 Целью работы является снижение риска профессиональной заболеваемости, травматизма за счет повышения защитных характеристик (свойств) спецодежды шахтерской путем обоснования параметров ее надежности в зависимости от режима эксплуатации в различных горно-геологических и горнотехнических условиях.

4.2 Прибор предназначен для испытания на стойкость к истиранию тканей: хлопчатобумажных и смешанных шелковых, полушелковых, тканей из химических волокон и нитей для изготовления спецодежды.

#### **5 СОСТАВ ИЗДЕЛИЯ И ОПИСАНИЕ**

Прибор ПИТ для испытания ткани на истирание на плоскости должен состоять из следующих частей (схема прибора представлена на рисунке А.1):

1. Станины (1).
2. Пялец (2), на которые заправляется абразив.
3. Бегунка (5) с обоймой для заправки образцов ткани.
4. Рычажно-грузовой системы (7).
5. Контактной проволоки (10) и реле (11).



6. Счетчика циклов истирания (12).

7. Привода прибора (13, 14), передачи (15) к бегунку (5) и обойме (25) с образцом ткани; электродвигателя (14)  $n=1500$  об/мин

Станина. Станина (1) изготавливается из чугуна и служит основанием, на котором смонтированы все остальные детали и узлы прибора.

Пяльцы. Пяльцы (2) служат для заправки абразива. Закрепление абразива – серошинельного сукна на пяльцах должно производиться при помощи кольца (3) и откидных винтов (4). Рабочая поверхность пялец представляет собой кольцо с плоской поверхностью, пяльцы с заправленным абразивом устанавливаются на конусе (17) прибора, для чего на пяльцах должна быть конусная лунка.

Штифт в конусе (17) должен удерживать пяльцы от вращения. При появлении дыры на ткани предусмотреть остановку прибора за счет применения схемы замыкания проволоки из нихрома (10), закрепляемой в зажимах (24), расположенных на пяльцах и корпусом бегунка (5), в цепи управления электродвигателем.

Бегунок. На бегунке (5) укреплен головка с обоймой для заправки в них образцов ткани (25).

Обойма с заправленным в нее образцом ткани должна вращаться относительно своей оси, а также одновременно с бегунком совершать движение в плоскости касания абразива.

Рычажно-грузовая система.

Рычажно-грузовая система (7) должна представлять собой механизм, обеспечивающий прижим пялец с абразивом и образцом ткани, с усилием до 30,0 кг.

Рычажно-грузовая система (7) должна состоять из шарнирно закрепленного верхнего (18) и нижнего (19) рычагов.

На заднем конце нижнего рычага имеется стержень с резьбой, на который надеты цилиндрические груза общим весом 30,0 кг. Перемещением грузов по резьбе стержня достигается требуемый прижим пялец с абразивом к образцу ткани. К нижнему рычагу предусмотреть шкалу, деления которой указывают величину нагрузки на абразив при соответствующем положении грузов.

На станине прибора должна быть защелка (23), удерживающая нижний рычаг с грузами при съеме палец для замены абразива.

#### Электроостанов.

На пальцах в зажимах (24) укреплена проволочка из нихрома Ø 0,2 мм, свободно лежащая поверх сукна. В случае появления дыры на ткани грибок касается проволочки на абразиве и замыкает цепь реле, выключающего электродвигатель, приводящий прибор в движение.

#### Счетчик циклов истирания.

Сбоку на приборе должен быть смонтирован счетчик циклов (количества оборотов) (12). Счетчик фиксирует количество оборотов бегунка с образцом ткани относительно палец с абразивом и при автоматическом останове показывает какое количество истирающих циклов выдержала ткань до разрушения.

В начале каждого испытания показания счетчика устанавливаются на ноль.

#### Привод прибора и электродвигатель.

Привод прибора должен осуществляться от электродвигателя (14). Электродвигатель приводит во вращение червячный редуктор (13) прибора. Бегунок (5) должен вращаться со скоростью 100 об/мин.

#### Основание прибора (16).

В основании прибора размещены редуктор (13) и части электрооборудования.

## **6 ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

6.1 Прибор должен иметь пальцы. На которые закрепляется абразив.

6.2 Истирание ткани должно производиться прибором путем вращательного движения образца ткани по абразиву.

6.3 В качестве абразива используется серошинельное сукно арт. 6405.

6.4 Давление между абразивом и тканью должно регулироваться от 1,0 до 30,0 кг.

6.5 Прибор должен останавливаться автоматически электроостановом при появлении протертости в ткани или с помощью кнопки управления приводом.

6.6 Прибор должен иметь счетчик с пределом измерений не ниже 10000 ед.

6.7 Габариты прибора определяются в процессе проектирования.

6.8 Вес прибора не более 60,0 кг.

6.9 Напряжение сети 220 В.

6.10 Частота в сети 50 Гц.

6.11 В соответствии с требованиями п. 3.15. ГОСТ 15150-69 - нормальные значения факторов внешней среды при испытаниях изделий (нормальные климатические условия испытаний) должны приниматься показатели приведенные в таблице 1.

Таблица 1 - Характеристика условий эксплуатации


Температура окружающего воздуха, К (°С)	298 (плюс $25 \pm 10$ )
Относительная влажность воздуха, %	от 45 до 80
Атмосферное давление, кПа (мм. рт. ст.)	от 84,0 до 106,7 (от 630 до 800)

Примечание. При температуре выше (плюс 30 °С) относительная влажность не должна превышать 70%.

## 7 ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛАМ

Используются детали и материалы промышленного изготовления.

Разработчик:

 С.Л. Тарасенко,  
зав. отделом ОССиСМакНИИ.

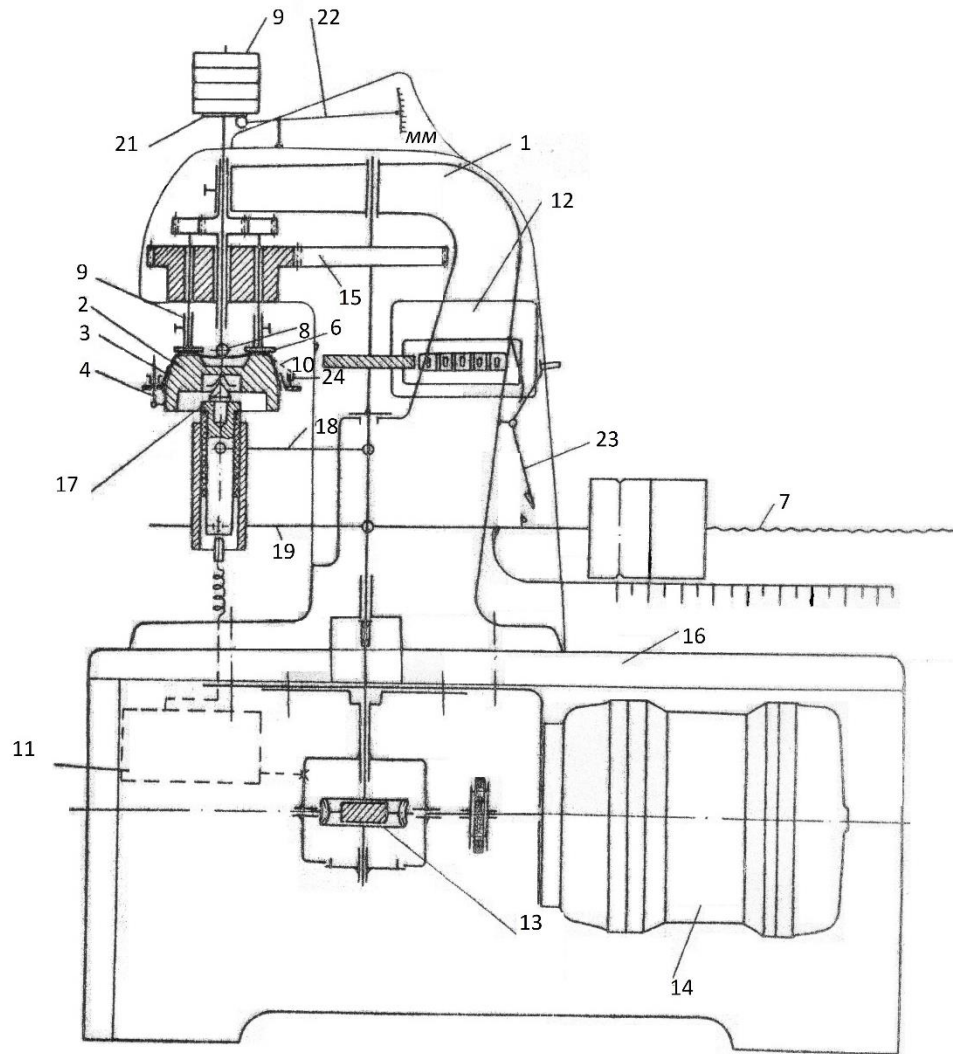


Рисунок А.1 - Схема прибора для испытаний ткани на стойкость к истиранию.

ДОНЕЦКАЯ НАРОДНАЯ РЕСПУБЛИКА  
 МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
 МИНИСТЕРСТВО УГЛЯ И ЭНЕРГЕТИКИ  
**Государственный Макеевский научно-исследовательский институт  
 по безопасности работ в горной промышленности  
 (МакНИИ)**  
 ул. Лихачёва, 60, Макеевка Донецкой обл., 86108  
 Тел. (062) 300-11-32, (0623) 22-22-18, e-mail: [maknii2014@gmail.com](mailto:maknii2014@gmail.com)

УТВЕРЖДАЮ  
 Заместитель директора  
 по научной работе МакНИИ  
  
 О.А. Демченко  
 09. 2015 г.

**«ПРИБОР ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ТКАНЕЙ НА СТОЙКОСТЬ К  
 ИСТИРАНИЮ - ПИТ»  
 ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ**

РАЗРАБОТАНО:

МакНИИ  
 Зав. отделом ОССиС  
 Гарасенко С.Л.  
 «18» 09. 2015 г.

## ПРИБОР ДЛЯ ИСТИРАНИЯ ТКАНЕЙ НА СТОЙКОСТЬ К ИСТИРАНИЮ

Марка ПИТ

### 1 НАЗНАЧЕНИЕ И ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

1.1 Прибор предназначен для испытания на стойкость к истиранию тканей: хлопчатобумажных и смешанных шелковых, полушелковых, тканей из химических волокон и нитей для изготовления шахтерской спецодежды.

1.2 Прибор имеет пальцы, на которые закрепляется абразив.

1.3 Истирание ткани производится прибором путем вращательного движения образца ткани по абразиву.

1.4 В качестве абразива используется серошинельное сукно арт. 6405.

1.5 Давление между абразивом и тканью может быть установлено от 1,0 до 30,0 кг.

1.6 Прибор останавливается автоматически электроостановом при появлении протертости в ткани или с помощью кнопок управления привода.

1.7 Прибор имеет счетчик циклов до 10000 ед.

1.8 Габариты прибора в мм: 700x570x400.

1.9 Вес прибора в кг, не более – 60,0

1.10 Напряжение сети 220 В

1.11 Частота сети 50 Гц

1.12 В соответствии с требованиями п. 3.15. ГОСТ 15150-69 нормальные значения факторов внешней среды при испытаниях изделий (нормальные климатические условия испытаний) приведены в таблице Б.1.

Таблица Б.1 - Характеристика условий эксплуатации

Температура окружающего воздуха, К (°С)	298 (плюс 25 ± 10)
Относительная влажность воздуха, %	от 45 до 80
Атмосферное давление, кПа (мм. рт. ст.)	от 84,0 до 106,7 (от 630 до 800)

Примечание. При температуре выше (плюс 30 °С) относительная влажность не должна превышать 70%.

## 2 СОСТАВ ИЗДЕЛИЯ И ОПИСАНИЕ

Прибор ПИТ для испытания ткани на истирание на плоскости состоит из следующих частей (схема прибора представлена на рисунке Б.1):

8. Станины (1).
9. Пялец (2), на которые заправляется абразив.
10. Бегунка (5) с обоймой для заправки образцов ткани.
11. Рычажно-грузовой системы (7).
12. Контактной проволоки (10) и реле (11).
13. Счетчика циклов истирания (12).
14. Привода прибора (13, 14), передачи (15) к бегунку (5) и обойме (25) с образцом ткани; электродвигателя (14)  $n=1500$  об/мин

Станина. Станина (1) изготовлена из чугуна и служит основанием, на котором смонтированы все остальные детали прибора.

Пяльцы. Пяльцы (2) служат для заправки абразива. Закрепление абразива – серошинельного сукна на пяльцах производится при помощи кольца (3) и откидных винтов (4). Рабочая поверхность пялец представляет собой кольцо с плоской поверхностью, пяльцы с заправленным абразивом устанавливаются на конусе (17) прибора, для чего на пяльцах имеется конусная лунка.

Штифт в конусе (17) удерживает пяльцы от вращения. Для останова прибора при появлении дыры на ткани имеется проволочка (10), закрепляемая в зажимах (24), расположенных на пяльцах.

Бегунок. На бегунке (5) укреплен головка с обоймой для заправки в них образцов ткани (25).

Обойма с заправленным в нее образцом ткани вращаются относительно своей оси. А также одновременно с бегунком совершают движение в плоскости касания абразива.



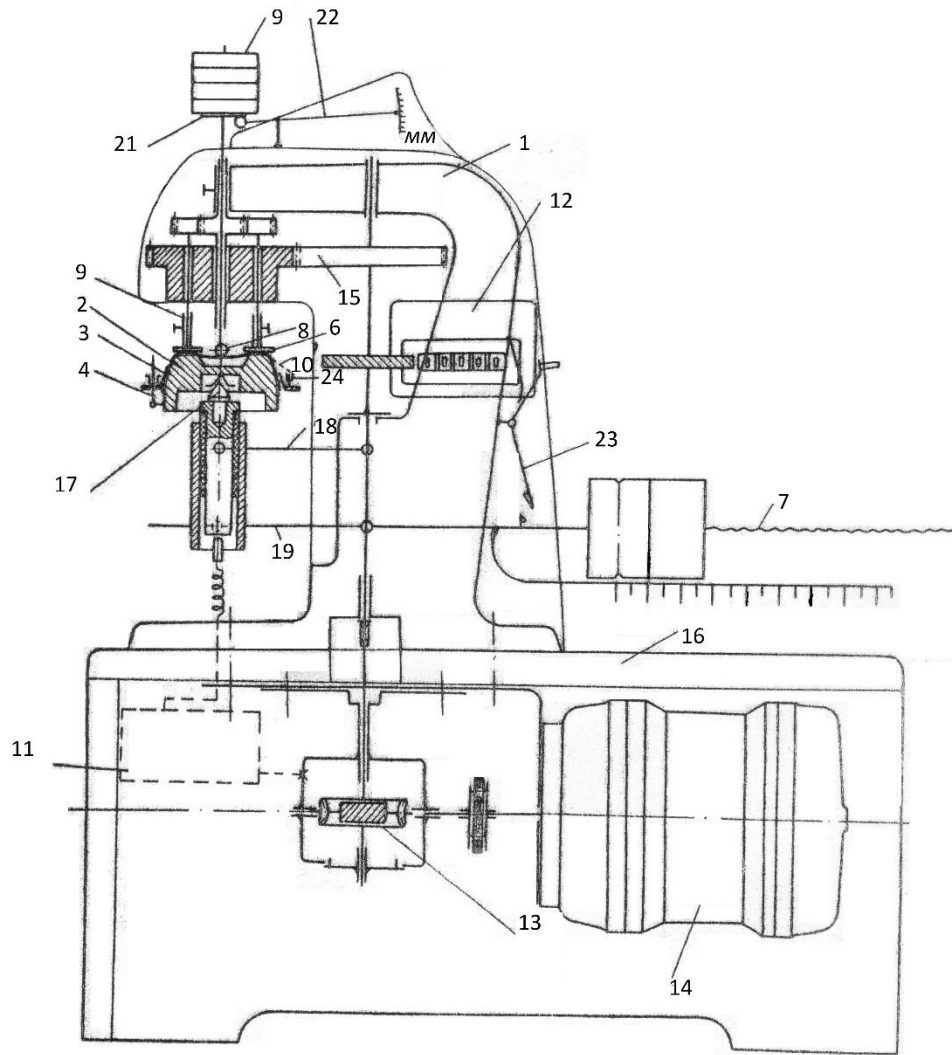


Рисунок Б.1 - Схема прибора для испытаний ткани на стойкость к истиранию.

#### Рычажно-грузовая система.

Рычажно-грузовая система (7) представляет собой механизм, обеспечивающий прижим пялец с абразивом и образцом ткани.

Рычажно-грузовая система (7) состоит из шарнирно закрепленного верхнего (18) и нижнего (19) рычагов.

На заднем конце нижнего рычага имеется стержень с резьбой, на котором надеты два цилиндрических груза. Перемещением грузов по резьбе стержня достигается требуемый прижим пялец с абразивом к образцу ткани. К нижнему рычагу прикреплена шкала, деления которой указывают величину нагрузки на абразив при соответствующем положении грузов.



На шкале нанесены два ряда делений. Верхний ряд делений указывает нагрузку при работе с одним грузом, нижний ряд – при работе с двумя грузами – по левой кромке движка.

На станине прибора имеется защелка (23), удерживающая нижний рычаг с грузами при съеме пялец для замены абразива.

#### Электроостанов.

На пяльцах в зажимах (24) укреплена проволочка из нихрома Ø 0,2 мм, свободно лежащая поверх сукна. В случае появления дыры на ткани грибок касается проволочки на абразиве и замыкает цепь электронного реле, выключающего электродвигатель, приводящий прибор в движение.

#### Счетчик.

Сбоку на приборе смонтирован счетчик (12). Счетчик фиксирует количество оборотов бегунка с образцом ткани относительно пялец с абразивом и при автоматическом останове показывает какое количество истирающих циклов выдержала ткань до разрушения.

В начале каждого испытания показания счетчика устанавливаются на ноль.

#### Привод прибора и электродвигатель.

Привод прибора осуществляется от электродвигателя (14). Электродвигатель приводит во вращение червя червячного редуктора (13) прибора. Бегунок (5) делает 100 об/мин.

#### Основание прибора (16).

В основании прибора размещены редуктор (13) и части электрооборудования.

### **3 УСЛОВИЯ ИСПЫТАНИЙ**

3.1 Отбор проб — по ГОСТ 29104.0 со следующим дополнением: длина точечной пробы должна быть не менее 1,2 м.

3.2 Образцы тканей должны быть выдержаны в атмосферных условиях в соответствии с требованиями ГОСТ 10681-78 не менее 24 часов.

Испытания проводят при тех же условиях по Методике определения стойкости тканей для шахтерской спецодежды к истиранию.

#### **4 ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ПРИБОРА**

4.1 Для включения прибора в электросеть следует выходящий из прибора провод присоединить через предохранители и рубильник к сети с напряжением 220/380 вольт.

4.2 Для пуска прибора в ход включить рубильник, а затем включить прибор.

4.3 Для повторного пуска прибора после его автоматического останова вследствие разрушения ткани – выключить прибор, а затем вновь включить.

4.4 Не допускается оставлять прибор под напряжением на длительное время во избежание нарушений работы катушек реле.

4.5 После окончания работы на приборе выключить прибор и обязательно выключить рубильник.


4.6 Работы по осмотру и проверке электрической части прибора производить только после выключения рубильника.

#### **5 СМАЗКА ПРИБОРА**

5.1 Промывка и смазка редуктора должна осуществляться не реже одного раза в 6 месяцев.

5.2 Смазка счетчика производится раз в 3 месяца.

5.3 Смазочный материал должен быть чистым, без содержания посторонних примесей.

  
Разработчик:  
С.Л.. Тарасенко,  
зав. отделом ОССиС МакНИИ.

ДОНЕЦКАЯ НАРОДНАЯ РЕСПУБЛИКА  
 МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
 МИНИСТЕРСТВО УГЛЯ И ЭНЕРГЕТИКИ  
**Государственный Макеевский научно-исследовательский институт  
 по безопасности работ в горной промышленности  
 (МакНИИ)**

ул. Лихачёва, 60, Макеевка Донецкой обл., 86108  
 Тел. (062) 300-11-32, (0623) 22-22-18, e-mail: [maknii2014@gmail.com](mailto:maknii2014@gmail.com)

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора  
 по научной работе МакНИИ



*О.А. Демченко*  
 О.А. Демченко  
 « 21 » 09. 2015 г.

**«ПРИБОР ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ТКАНЕЙ НА СТОЙКОСТЬ К  
 ИСТИРАНИЮ - ПИТ»  
 ФОРМУЛЯР**

РАЗРАБОТАНО:

МакНИИ

Зав. отделом ОССиС

*Гарасенко С.Л.*  
 Гарасенко С.Л.

« 18 » 09. 2015 г.

## **1 ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ**

Перед введением прибора в эксплуатацию необходимо ознакомиться с его техническим описанием и инструкцией по эксплуатации.

## **2 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРИБОРЕ**

Прибор ПИТ предназначен для испытания тканей для шахтерской спецодежды на стойкость к истиранию согласно требованиям «Методики определения стойкости тканей для шахтерской спецодежды к истиранию».

## **3 ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ И ХАРАКТЕРИСТИКИ**

Прибор должен эксплуатироваться в закрытом помещении в соответствии с «Инструкцией по эксплуатации прибора».

Основные технические данные прибора:

давление между абразивом и тканью может быть установлен от 0,1 до 3,0 кг;

число оборотов бегунка с образцами, об/мин-100;

габаритные размеры прибора:

высота, мм	700
длина, мм	570
ширина, мм	400
масса прибора, кг	60

## **4 КОМПЛЕКТНОСТЬ**

В комплект прибора входит:

прибор марки ПИТ, пяльцы.

## **5 СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПРИЕМКЕ**

По результатам периодической аттестации прибор соответствует НД и признан пригодным к эксплуатации.

## **6 УЧЕТ РАБОТЫ**

Таблица В.1 – Учет работы

Месяцы	Итоговый учет работы по годам								
	201_			201_			201_		
	Количество часов	Итого с начала эксплуатации	Подпись	Количество часов	Итого с начала эксплуатации	Подпись	Количество часов	Итого с начала эксплуатации	Подпись
Январь									
Февраль									
Март									
Апрель									
Май									
Июнь									
Июль									
Август									
Сентябрь									
Октябрь									
Ноябрь									
Декабрь									

## 7 СВЕДЕНИЯ О ЗАКРЕПЛЕНИИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Таблица В.2 – Сведения о закреплении при эксплуатации

№ п/п	Должность	Фамилия лица, ответственного за эксплуатацию	Дата		Подпись ответственного лица
			Закрепления	Открепления	
1	2	3	4	5	6

## 8 УЧЕТ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Таблица В.3 – Учет неисправностей при эксплуатации

№ п/п	Дата и время отказа изделия или его составной части. Режим работы, характер нагрузки	Характер (внешнее проявление) неисправности	Причина неисправности (отказа), количество часов работы отказавшего элемента изделия	Принятые меры по устранению неисправности	Должность, фамилия и подпись лица ответственного за устранения неисправности	Примечание
1	2	3	4	5	6	7



## 12 СВЕДЕНИЯ ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ В КОНСТРУКЦИИ ИЗДЕЛИЯ И ЕГО СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ ВО ВРЕМЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТА

Таблица В.7 – Сведения об изменениях в конструкции изделия и его составных частей во время эксплуатации и ремонта

№ п/п	Основание (наименование документа)	Дата проведения изменений	Содержание проведенных работ	Характеристика работы изделия после проведенных изменений	Должность, фамилия и подпись лица, ответственного за проведения изменения	примечание
1	2	3	4	5	6	7

## 13 СВЕДЕНИЯ О ЗАМЕНЕ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ ИЗДЕЛИЯ ЗА ВРЕМЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Таблица В.8 – Сведения о замене составных частей изделия за время эксплуатации

№ П/П	Снятая часть				Вновь установленная часть		Дата, должность, фамилия и подпись лица, ответственного за проведение замены
	Наименование и обозначение	Заводской номер	Число отработанных часов	Причина выхода из строя	Наименование и обозначение	Заводской номер	
1	2	3	4	5	6	7	8

## 14 СВЕДЕНИЯ О РЕМОНТЕ ИЗДЕЛИЯ

Таблица В.9 – Сведения о ремонте изделия

№ п/п	Наименование и обозначение составной части изделия	основания для сдачи в ремонт	дата		Наименование ремонтного органа	Количество часов работы до ремонта	Вид ремонта (средний, капитальный и др.)	Наименование ремонтных работ	Должность, фамилия и подпись ответственного лица	
			Поступления в ремонт	Выход из ремонта					Производившего ремонт	Принявшего из ремонта
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

## 15 СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПРОВЕРКИ ИНСПЕКТИРУЮЩИМИ И ПРОВЕРЯЮЩИМИ ЛИЦАМИ

Таблица В.10 – Сведения о результатах проверки инспектирующими и проверяющими лицами

Дата	Вид осмотра или проверки	Результат осмотра или проверки	Должность, фамилия и подпись проверяющего лица	Примечание
1	2	3	4	5

## 16 ОСОБЫЕ ОТМЕТКИ



ДОНЕЦКАЯ НАРОДНАЯ РЕСПУБЛИКА  
 МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
 МИНИСТЕРСТВО УГЛЯ И ЭНЕРГЕТИКИ  
**Государственный Макеевский научно-исследовательский институт  
 по безопасности работ в горной промышленности  
 (МакНИИ)**  
 ул. Лихачёва, 60, Макеевка Донецкой обл., 86108  
 Тел. (062) 300-11-32, (0623) 22-22-18, e-mail: [maknii2014@gmail.com](mailto:maknii2014@gmail.com)

УТВЕРЖДАЮ  
 Заместитель директора  
 по научной работе МакНИИ  
 О.А. Демченко  
 2015 г.



**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТОЙКОСТИ ТКАНЕЙ ДЛЯ  
 ШАХТЕРСКОЙ СПЕЦОДЕЖДЫ К ИСТИРАНИЮ**

РАЗРАБОТАНО:

МакНИИ

Зав. отделом ОССиС

Тарасенко С.Л.

«20» 08. 2015 г.

Настоящая методика распространяется на технические ткани и устанавливает метод определения стойкости к истиранию по плоскости.

Сущность метода заключается в определении количества циклов истирания, выдерживаемых тканью до разрушения одной-двух нитей (для фильтровальных и многослойных тканей) или до образования дыры (для других видов технических тканей).

Стойкость к истиранию по плоскости характеризует способность ткани выдерживать, не разрушаясь, внешнее трение.

## **1 МЕТОД ОТБОРА ПРОБ**

1.1 Отбор проб — по ГОСТ 29104.0 со следующим дополнением: длина точечной пробы должна быть не менее 1,2 м.

1.2 Из каждой точечной пробы ткани на расстоянии не менее 50 мм от кромки по диагонали вырезают десять элементарных проб в виде полосок размером (150x400) мм.

## **2 АППАРАТУРА И МАТЕРИАЛЫ**

Для проведения испытаний применяют:  
прибор ПИТ в соответствии с рисунком Г.1, состоящий из следующих частей:

1. Станины (1).
2. Пялец (2), на которые заправляется абразив.
3. Бегунка –истирающей головки (5) с обоймой для заправки образцов ткани.
4. Рычажно-грузовой системы (7).
5. Контактной проволоки (10) и реле (11).
6. Счетчика циклов истирания (12).
7. Привода прибора (13, 14), передачи (15) к бегунку (5) и обойме (25) с образцом ткани; электродвигателя (14)  $n=1400$  об/мин.

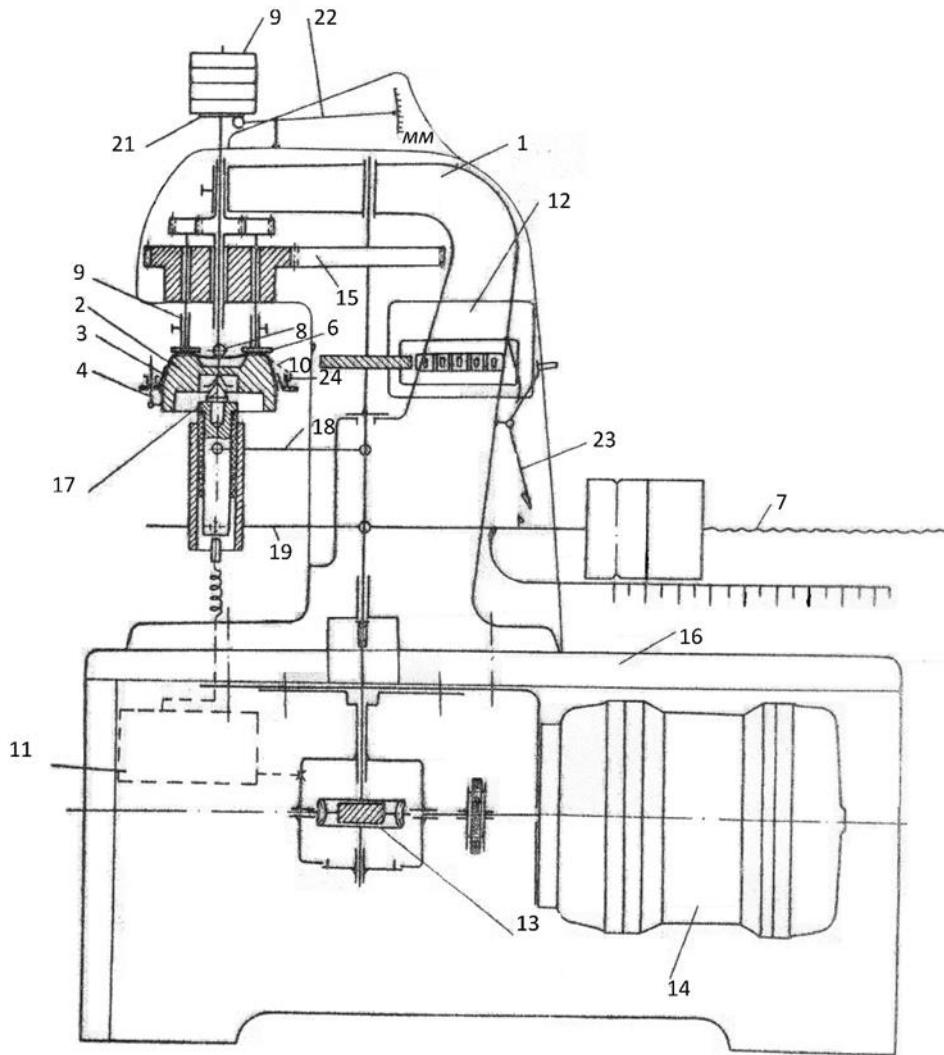


Рисунок Г.1 - Схема прибора для испытаний ткани на стойкость к истиранию.

### 3 ПОДГОТОВКА К ИСПЫТАНИЯМ

3.1 Перед испытанием точечные пробы выдерживают в климатических условиях по ГОСТ 10681 не менее 24 ч. В этих же условиях проводят испытания.

3.2 В качестве абразивного материала используют серошинельное сукно арт. 6405, из которого выкраивают полосу шириной 15 см. абразив используют с двух сторон. Обе стороны полосы абразива могут применяться только на одну заправку, независимо от числа циклов, выдерживаемых тканью до разрушения.

3.3 Контактная нихромная проволока 0,2 мм (марки Х 15 И60 по ГОСТ 12766.1-77) закрепляется зажимами, расположенными на кольце. При заправке

контактной проволоочки необходимо следить чтобы она была распрямленной, но не очень натянутой. Свободно лежащей на поверхности абразива.

3.4 Элементарные пробы тканей помещают на токопроводящую резину, находящуюся поверх эластичного основания. На элементарную пробу накладывают металлическое кольцо и закрепляют на пальцах с помощью металлического кольца 5.

3.5 Пяльцы устанавливают на приборе ПИТ (рисунок Г.1) при опущенной опоре 19. В нижнее положение опоры палец переводят с помощью рычажно-грузовой системы 7 и фиксируют защелкой.

3.6 Испытания проводят при давлении абразива на элементарную пробу ткани, равном 100 кПа (1 кгс/см<sup>2</sup>) и частоте вращения головки прибора 100 мин<sup>-1</sup>.

## 4 ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ

4.1 Испытания до разрушения одной-двух нитей.

4.1.1 Счетчик 12 (рисунок Г.1) числа циклов перемещения абразива устанавливают на нуль. Пяльцы 2 с заправленной элементарной пробой с помощью рычажно-грузовой системы 7 осторожно поднимают до соприкосновения с абразивом, заправленным в бегунок-истирающую головку 5, и включают прибор.

4.1.2 Проводят предварительное истирание двух контрольных элементарных проб до разрушения одной-двух нитей. Для этого прибор периодически (через каждые 10—20 циклов) останавливают, удаляют абразивную пыль мягкой кисточкой и осматривают поверхность пробы ткани.

При разрушении одной-двух нитей прибор включают и записывают по счетчику количество циклов истирания.

Определяют среднее арифметическое количества циклов истирания до разрушения одной-двух нитей контрольных элементарных проб ( $n_{к.п.}$ ).

Гарантированное количество циклов истирания ( $n_1$ ) до первого останова прибора, необходимого для осмотра поверхности проб, вычисляют по формуле:

$$n_1 = 0,5 n_{к.п.}$$

Вычисление проводят до целого числа с последующим округлением до числа, кратного пяти.

Интервал ( $n_2$ ) между последующими остановами прибора вычисляют по формуле

$$n_2 = 0,1 n_{к.п.}$$

Вычисление проводят до целого числа с последующим округлением до числа, кратного пяти.

4.1.3 Определение стойкости к истиранию опытных элементарных проб проводят в соответствии с п. 4.1.1.

Первый останов прибора делают при показании счетчика, равном ( $n_1$ ) циклов.

При останове прибора кисточкой удаляют накопившуюся пыль с абразива и элементарной пробы и осматривают истираемую поверхность.

Далее остановки прибора, вплоть до разрушения одной-двух нитей, осуществляют через каждые ( $n_1$ ) циклов.

При разрушении одной-двух нитей на поверхности опытной элементарной пробы прибор выключают.

Количество циклов до разрушения одной-двух нитей при истирании каждой элементарной пробы записывают в протокол по форме, указанной в приложении.

## 4.2 Испытания до образования дыры

4.2.1 Истирание элементарных проб до образования дыры проводят в соответствии с п. 4.1.1.

Смену абразива при испытаниях проводят после каждых 5 тыс. циклов истирания элементарных проб.

4.2.2 При образовании дыры на элементарной пробе прибор автоматически останавливается. Количество циклов истирания фиксируют счетчиком и записывают в протокол по форме, указанной в приложении.

## 5 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

### 5.1 Истирание до разрушения одной-двух нитей

По каждой элементарной пробе подсчитывают количество циклов истирания ( $M_i$ ) по формуле:

$$M_i = n_{i \text{ сч}} - 0,5n_2$$

где:  $i$  – номер опытной элементарной пробы;

$n_{i \text{ сч}}$  – показания счетчика;

$n_2$  – интервал между остановками прибора.

5.1.1 За показатель стойкости ткани к истиранию по плоскости ( $I_{\text{исп}}$ ) принимают среднее арифметическое количества циклов истирания до разрушения одной-двух нитей всех опытных элементарных проб, определенное по формуле:

$$I_{\text{исп}} = \frac{\sum_{i=1}^n M_i}{n}$$

где  $n$  – количество опытных элементарных проб.

Вычисления проводят до первого десятичного знака с последующим округлением до целого числа.

Результаты испытаний записывают в протокол по форме, указанной в приложении.

## 5.2 Истирание до образования дыры

За показатель стойкости к истиранию принимают среднее арифметическое количества циклов истирания всех элементарных проб.

Вычисления проводят до первого десятичного знака с последующим округлением до целого числа.

Результаты испытания записывают в протокол по форме, указанной в приложении Г.1.

**ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ №**

Наименование ткани: \_\_\_\_\_

Порядковый номер (i) опытной элементарной пробы	Количество циклов (Mi) истирания до разрушения одной-двух нитей или до образования дыры
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

Стойкость к истиранию по плоскости \_\_\_\_\_

Дата испытаний \_\_\_\_\_

Подпись проводившего испытания \_\_\_\_\_

ДОНЕЦКАЯ НАРОДНАЯ РЕСПУБЛИКА  
 МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
 МИНИСТЕРСТВО УГЛЯ И ЭНЕРГЕТИКИ  
**Государственный Макеевский научно-исследовательский институт  
 по безопасности работ в горной промышленности  
 (МакНИИ)**  
 ул. Лихачёва, 60, Макеевка Донецкой обл., 86108  
 Тел. (062) 300-11-32, (0623) 22-22-18, e-mail: [maknii2014@gmail.com](mailto:maknii2014@gmail.com)

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора  
 по безопасности работ МакНИИ



*О.А. Демченко*  
 10. 2015 г.

**«ПРИБОР ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ТКАНЕЙ НА СТОЙКОСТЬ  
 К ИСТИРАНИЮ - ПИТ»**

**ПРОГРАММА И МЕТОДИКА  
 ПЕРВИЧНОЙ (ПЕРИОДИЧЕСКОЙ) АТТЕСТАЦИИ**

Разработано:

Зав. отделом оценки соответствия,  
 сертификации и стандартизации

*С.Л. Тарасенко* С.Л.Тарасенко

Согласовано:

Зав. сектором СИЗ отдела ОССС

*Н.А. Мартынова* Н.А.Мартынова

С.н.с. отдела оценки  
 соответствия, сертификации  
 и стандартизации

*Л.И. Скляров* Л.И.Скляров

2015



**СОДЕРЖАНИЕ**

Введение.....	<b>3</b>
1 Общие положения.....	<b>3</b>
2 Операции аттестации.....	<b>4</b>
3 Средства аттестации.....	<b>5</b>
4 Условия аттестации.....	<b>5</b>
5 Требования к безопасности.....	<b>6</b>
6 Подготовка к аттестации.....	<b>6</b>
7 Проведение аттестации.....	<b>6</b>
8 Обработка результатов.....	<b>7</b>
9 Оформление результатов аттестации.....	<b>9</b>

Настоящая программа и методика аттестации (далее - ПМА) разработана в соответствии с требованиями ГОСТ 24555-81 «Порядок аттестации испытательного оборудования. Основные положения» и устанавливает порядок проведения аттестации, а также методы определения нормированных точностных характеристик прибора марки ПИТ для испытания тканей на стойкость к истиранию (далее – прибор).

## **1 Общие положения**

1.1 Целью аттестации прибора является:

- определение нормированных точностных характеристик;
- оценка их соответствия требованиям эксплуатационной документации (далее – ЭД);
- установления пригодности прибора к эксплуатации.

1.2 Настоящая ПМА устанавливает:

- номенклатуру подлежащих оценке и контролю при аттестации характеристик прибора, определяющих его возможности воспроизводить и поддерживать режимы и условия испытаний в заданных диапазонах, с требуемой точностью и стабильностью, в течение установленного срока;
- условия аттестации;
- требования безопасности при проведении аттестации;
- методы и средства проведения последующих аттестаций и их периодичность;
- методы обработки, оценки и оформления результатов аттестации.

1.3 Перечень точностных характеристик, подлежащих определению при аттестации прибора, приведен в таблице Д.1.

Таблица Д.1

№ п/п	Наименование точностных характеристик, единицы измерения	Номинальное значение	Допустимое отклонение
1	2	3	4
1	Масса грузов рычажно-грузовой системы для создания давления на образец, г: груз № 1 груз № 2	0,620 0,610	±10 ±10
2	Число оборотов истирающей головки, об/мин.	200	±10

1.4 Периодичность аттестации прибора один раз в пять лет.

## 2 Операции аттестации

2.1 При проведении аттестации должны выполняться операции, указанные в таблице Д.2.

Таблица Д.2

Наименование операции	Номер раздела, пункта ПМА	Обязательность проведения операции при аттестации		
		первичная	периодическая	внеочередная
1 Выбор средств измерений	Раздел 3	+	+	+
2 Подготовка к аттестации	Раздел 6	+	+	+
2.1 Подготовка рабочего места, проверка наличия клейм и (или) свидетельств о поверке СИ, проверка соответствия комплектности данным ЭД	п. 6.1	+	+	+
2.2 Измерение параметров условий аттестации	п. 6.2	+	+	+
3 Проведение аттестации	Раздел 7	+	+	+
3.1 Внешний осмотр	п. 7.1	+	+	+
3.2 Проверка работоспособности	п. 7.2	+	+	+
3.3 Определение точностных характеристик	п. 7.3	+	+	+
4 Обработка результатов измерений	Раздел 8	+	+	+
5 Оформление результатов аттестации	Раздел 9	+	+	+

### 3 Средства аттестации

3.1 Средства измерений (далее – СИ), применяемые при аттестации прибора, приведены в таблице Д.3.

Таблица Д.3

<b>Наименование и тип СИ</b>	<b>Диапазон измерений</b>	<b>Класс точности, погрешность, цена деления</b>	<b>Назначение при аттестации</b>	<b>НД, устанавливающий требования к СИ</b>
1	2	3	4	5
Психрометр аспирационный МВ– 4М Термометры ртутные	(-30 – +50) °С	цена деления 0,2 °С	для контроля условий аттестации	ДСТУ 3742-98
Барометр-анероид метеорологический БАММ-1	(80 – 106) кПа	± 0,2	для контроля условий аттестации	МИ 1802-87
Секундомер СОСпр-2б-2-010	60' - 60"	± 0,4 с	для контроля числа оборотов истирающей головки	ГОСТ 8.423-81, ДСТУ 7230:2011 или эксплуатационная документация
Технические весы Т-1000	50г – 1кг	4	для контроля массы груза	ГОСТ 24104-2001

3.2 СИ, применяемые при аттестации, должны иметь клейма и (или) свидетельства о поверке.

3.3 Допускается замена перечисленных СИ аналогичными, обеспечивающими проведение аттестации с требуемой точностью.

### 4 Условия аттестации

4.1 При проведении аттестации должны соблюдаться условия, приведенные в таблице Д.4.

Таблица Д.4

<b>Наименование условия, единица измерения</b>	<b>Значение</b>
Температура окружающей среды, °С	25 ± 10
Атмосферное давление, мм рт.ст.	84,0 – 106,7
Относительная влажность, %	от 45 до 80

## **5 Требования безопасности**

5.1 При аттестации прибора необходимо соблюдать общие правила техники безопасности, регламентируемые ГОСТ 12.2.003-91 «ССБТ Оборудование производственное. Общие требования безопасности».

5.2 К работе на приборе допускаются лица, назначенные руководителем подразделения.

## **6 Подготовка к аттестации**

6.1 Перед проведением аттестации необходимо выполнить следующие работы:

- подготовить рабочее место для обеспечения удобства выполнения измерений и безопасности ведения работ;
- проверить наличие клейм и (или) свидетельств о поверке СИ;
- проверить соответствие комплектности прибора данным ЭД.

6.2 Провести измерение параметров условий аттестации.

## **7 Проведение аттестации**

7.1 Внешний осмотр проводится путем визуальной проверки. При этом проверяют отсутствие повреждений, загрязнений, маркировку в соответствии с ЭД.

7.2 Проверка работоспособности.

– заправить абразив из серошинельного сукна диаметром 120 мм в обойму истирающей головки;

– заправить образец испытуемой ткани диаметром не менее 120 мм в пальцы прибора лицевой стороной наружу;

– установить груз рычажно-грузовой системы на отметке 3000 гс;

– установить пальцы на приборе;

– включить прибор.

7.3 Определение точностных характеристик.

При определении массы груза, необходимо произвести взвешивание двух грузов.

За истинное значение принимается среднее арифметическое пяти измерений каждого груза.

Для определения числа оборотов истирающей головки необходимо:

– установить показания счетчика прибора на ноль;

– включить одновременно секундомер и прибор;

– зафиксировать показания счетчика через 60 с.

За истинное значение принимается среднее арифметическое пяти измерений.

## 8 Обработка результатов измерений

8.1 Обработку результатов измерений осуществляют в соответствии с требованиями ГОСТ 8.207-76 «ГСИ. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдения. Основные положения» и ГОСТ 8.011-72 «ГСИ. Показатели точности измерений и формы представления результатов измерений».

8.2 Порядок статистической обработки результатов измерений.

Результаты каждого измерения вносят в таблицу Д.5.

Таблица Д.5

Норма	$a_i$	$\Delta a_i$	$(\Delta a_i)^2$	$\Delta S(\bar{a})$	$\Delta a$	$a = \bar{a} \pm \Delta a$ при $p = 0,95$
1	2	3	4	5	6	7
<b>Масса груза № 1, г</b>						
	$\bar{a}$		$\sum(\Delta a_i)^2$			
<b>Масса груза № 2, г</b>						
	$\bar{a}$		$\sum(\Delta a_i)^2$			
<b>Число оборотов истирающей головки, об/мин.</b>						
	$\bar{a}$		$\sum(\Delta a_i)^2$			

8.3 Вычисляют среднеарифметическое значение группы результатов из  $n$  измерений по формуле

$$\bar{a} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i, \quad (1)$$

где:  $i$  – порядковый номер измерения;

$a_i$  - значение, полученное при  $i$ -ом измерении;

$n$  – количество измерений.

8.4 Определяют погрешности отдельных результатов измерений по формуле

$$\Delta a_i = \bar{a} - a_i \quad (2)$$

8.5 Вычисляют квадраты погрешностей отдельных результатов измерений

$$(\Delta a_i)^2 \quad (3)$$

8.6 Определяют среднеквадратическую погрешность результата серии измерений

$$\Delta S(\bar{a}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta a_i)^2}{n(n-1)}} \quad (4)$$

8.7 Определяют границы доверительного интервала (погрешность результата серии измерений) без учета знака

$$\Delta a = t_\alpha(n) \Delta S(\bar{a}), \quad (5)$$

где  $t_\alpha(n)$  - коэффициент Стьюдента, который при заданной надежности  $p=0,95$  при числе измерений, равном  $n=5$ , составляет 2,776.

Если величина погрешности результата измерений окажется сравнимой с величиной погрешности СИ, то границы доверительного интервала установки (стенда) определяют с учетом погрешности СИ

$$\Delta a = \sqrt{t_\alpha(n) \cdot \Delta S(\bar{a})^2 + \left(\frac{k_\alpha}{3}\right) \cdot \sigma^2}, \quad (6)$$

где  $k_\alpha = t_\alpha(\infty)$ ,

$\sigma$  - величина погрешности прибора.

8.8 Окончательный результат записывается в виде

$$a = \bar{a} \pm \Delta a \text{ при } p = 0,95 \quad (7)$$

## 9 Оформление результатов аттестации

9.1 Результаты аттестации оформляют протоколом.

9.2 Прибор считается аттестованным, если полученные значения каждого исследуемого параметра удовлетворяют указанным в таблице 1 ПМА.

9.3 При положительных результатах аттестации на основании протокола выдаётся аттестат, на прибор крепится бирка с указанием наименования прибора, номера аттестата и даты проведения следующей аттестации.

9.4 При отрицательных результатах аттестации по распоряжению МакНИИ на прибор крепится бирка «Запрещено использовать» с указанием даты и номера распоряжения.

9.5 Результаты периодической (внеочередной) аттестации вносятся в формуляр (таблица «Особые отметки»).



**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МАКЕЕВСКИЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ**  
по безопасности работ в горной промышленности  
**МакНИИ**

**УТВЕРЖДАЮ:**

Зам. директора по научной  
работе



*О.А. Демченко*  
О.А. Демченко  
29.10. 2015 г.

**ПРОТОКОЛ**

первичной аттестации прибора марки ПИТ  
для испытания тканей на стойкость к истиранию

г. Макеевка

29.10. 2015г

Состав комиссии:

Сохацкий Д.В.	- главный механик
Ивченко А.А.	- энергетик I категории
Мартынова Н.А.	- зав. сектором СИЗ;
Герцун О.В.	- работник, ответственный за метрологическое обеспечение в подразделении, инженер I кат. сектора СИЗ



УТВЕРЖДАЮ:

И.о. директора МакНИИ,

К.Т.Н.


 О.А. Демченко

«02» 11. 2016 г.

## АКТ

**о внедрении прибора для испытания тканей  
на стойкость к истиранию (ПИТ)**

В рамках проведения научно исследовательской работы «Обоснование параметров надежности шахтерской спецодежды в зависимости от ее эксплуатации в различных горно-геологических и горнотехнических условиях» № Государственной регистрации 0117D000134 от 15.02.2017 г. (научный руководитель Тарасенко С.Л.), в соответствии с техническим заданием, согласованным и утвержденным в установленном порядке, разработан и изготовлен прибор для истирания тканей по большой плоскости (ПИТ).

Прибор внедрен в Государственном учреждении «Макеевский научно исследовательский институт по безопасности работ в горной промышленности», в лаборатории средств индивидуальной защиты, как испытательное оборудование для оценки свойств спецодежды шахтерской, поступающей на сертификационные испытания.

Прибор предназначен для испытания на стойкость к истиранию хлопчатобумажных тканей, смешанных тканей из химических волокон и нитей для изготовления шахтерской спецодежды.

Впервые разработана и апробирована в лабораторных условиях методика определения стойкости к истиранию тканей по большой плоскости для оценки ее износостойкости. Сущность метода заключается в определении степени изменения защитных и эксплуатационных характеристик спецодежды от количества циклов истирания, выдерживаемых тканью до разрушения одной-двух нитей по большой плоскости. Этот метод позволит обеспечить соответствие защитных свойств тканей условиям эксплуатации спецодежды горнорабочих в различных условиях труда.

Во внедрении принимали участие:

Зав. отделом оценки соответствия,  
сертификации и стандартизации



С.Л. Тарасенко

Зав. сектором средств индивидуальной защиты  
отдела оценки соответствия,  
сертификации и стандартизации



Н.А. Мартынова

Зав. лабораторией  
качества испытаний и метрологии



Т.С. Бутукова