

**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

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

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

Автореферат
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Работа выполнена в Государственном учреждении «Макеевский научно-исследовательский институт по безопасности работ в горной промышленности» (МакНИИ) Министерства образования и науки, г. Макеевка

**Научный
руководитель:**

доктор технических наук,
Долженков Анатолий Филиппович
Государственный научно-исследовательский
институт горноспасательного дела, пожарной
безопасности и гражданской защиты
«Респиратор»

**Официальные
оппоненты:**

**Ведущая
организация**

Защита состоится «___» _____ 2018 г. в _____ часов на заседании диссертационного совета Д 01.008.01 при ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет» по адресу: 283001, г. Донецк, ул. Артема, 58, 1-й учебный корпус, каб. 203. Тел./факс: 380(62)304-30-55, E-mail: uchensovet@donntu.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет» по адресу: 283001, г. Донецк, ул. Артема, 58, 2-й учебный корпус. Адрес университета: <http://donntu.ru>

Автореферат разослан «_____» _____ 2018 г.

Учёный секретарь специализированного
диссертационного совета Д 01.008.01
доктор технических наук, доцент

И.А. Бершадский

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Как показал анализ причин возникновения микротравм 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 в зависимости от времени и условий труда.

2. Установлены зависимости защитных характеристик спецодежды от потери массы ткани в зависимости от истирания во времени.

3. 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.

Разработаны следующие нормативные документы, согласованные и утвержденные в установленном порядке:

1. Изготовлен прибор для испытаний ткани на стойкость к истиранию:

- разработано 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.);

- разработаны инструкция по эксплуатации, формуляр, методика испытаний.

2. Разработан 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 ассортимента шахтёрской 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 обоснованы 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 г/м^2 снижается в 1,5 раза, до 100 г/м^2 – в 4,5 раза. Раздирающая нагрузка при аналогичных потерях массы, соответственно в 1,4 и 3,5 раза.

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 г/м^2 – в трое, что объясняется снижением массы ткани и удалением влагостойкой и противогнилостной пропитки в процессе истирания.

Потеря массы ткани до 100 г/м^2 увеличивает пылепроницаемость в 2,6 раза, снижает гигроскопичность в 2,6 раза, а водоупорность – в 3,7.

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; достаточной сходимостью результатов (94-99%) теоретических и экспериментальных исследований; корректностью применения методик экспериментов.

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: [1] – исследование, анализ и оценка показателей пораженности анатомо-топографических зон горнорабочих пиодермитами и микротравмами; [2] – анализ законодательных и нормативных актов по оценке эффективности спецодежды шахтерской на угледобывающих предприятиях при обеспечении безопасных условий труда; [5] – разработка статистических моделей зависимости заболеваемости горнорабочих от условий труда и эксплуатационных характеристик спецодежды, а также потерей массы ткани и ее воздухо-, пылепроницаемостью; [7] – 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, 6 приложений на 38 страницах. Объём диссертации без приложений 169 страниц, из них основной текст 149 страниц, рисунков 27, таблиц 39.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, определена ее цель, задачи, изложены основные научные положения и результаты, выносимые на защиту. Показаны их новизна и практическое значение результатов работы. Приведены сведения об апробации работы и публикации материалов исследования.

В первом разделе «Состояние вопроса, цель и задачи исследований» проведен анализ номенклатуры ОВФП, уровень неблагоприятного воздействия которых на горнорабочих, может быть снижен защитными и гигиеническими свойствами спецодежды шахтерской; анализ эксплуатационных защитных и гигиенических свойств тканей, применяющихся для изготовления спецодежды горнорабочих угольных шахт.

В результате проведенного анализа установлено, что вопрос определения эффективности тканей, применяемых для изготовления спецодежды шахтеров, по параметрам износостойкости изучен недостаточно, что существенно влияет на ее эксплуатационные характеристики. Принятая в отрасли система оценки степени защиты шахтеров от комплекса производственных факторов шахтной среды спецодеждой по параметрам эксплуатационных характеристик малоэффективна, так как не позволяет определить в полном объеме надежность ее защитных свойств. Отсутствует научное обоснование ассортимента тканей, которые по всему комплексу свойств в наибольшей степени соответствовали бы условиям эксплуатации спецодежды в подземных выработках угольных шахт. Не разработан метод количественной оценки износостойкости тканей, применяющихся и рекомендованных для спецодежды горнорабочих, что не позволяет провести технико-экономическую оценку этих тканей. Все приведенные выше недостатки, не позволяют обосновать требования к защитным характеристикам спецодежды шахтерской, в зависимости от сроков эксплуатации при работах в различных горно-геологических и горнотехнических условиях

Вышеизложенные результаты позволили обосновать, актуальность исследований, сформировать цель и задачи диссертационной работы.

Во втором разделе «Методы и объем исследований» изложены методы оценки простых свойств тканей и спецодежды, характеризующих изделие в целом. Обоснована методология комплексной оценки эффективности тканей для спецодежды шахтерской 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. Моделирование 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 интегрального комплексного показателя 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 рассматривали как сумму защиты различных зон.

Третий раздел посвящен *теоретическим исследованиям показателей эксплуатационных свойств спецодежды шахтеров*. Сформирована номенклатура опасных и вредных факторов шахтной среды (Таблица 1), чье воздействие на горнорабочего может снижаться средствами индивидуальной защиты, оценен характер их воздействия и показатели защитных свойств материалов и конструкций средств индивидуальной защиты.

Таблица 1.

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, циклы
прокол	прокалывание	стойкость к проколу, Н/см
пыль	концентрация пыли в воздухе	пылепроницаемость, г/м ² , пылеемкость г/см ² .
температура понижения	усиленная теплоотдача	теплопроводность, Вт/мК
температура повышения	задержка теплоотдачи	воздухопроницаемость, дм/м ² с
влажность	влагопоглощение	влагоотдача, %
скорость движения воздуха при пониженной или повышенной температуре	скорость охлаждения пододежного пространства по кататермометру	воздухопроницаемость, дм/м ² 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

Путем кластерного анализа установлена степень влияния ОВПФ на анатомо-топографические зоны тела шахтеров различных профессий, которые оценивали по показателям микротравм кожи и пиодермитов, что позволило обосновать требования к зональной защите тела шахтеров. Эффективность рациональной защиты шахтера в целом рассматривали как сумма необходимой защиты отдельных зон. Было определено 18 зон, нуждающихся в локальной защите. Установлено, что механизм воздействия факторов производственной среды на указанные зоны неодинаков и определяется вынужденными рабочими позами шахтеров, обусловленных горно-геологическими и горнотехническими условиями.

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

Таблица 2

Иерархия защитных свойств спецодежды шахтеров

Уровни	Иерархия защитных свойств спецодежды шахтерской					
4	Комплексная защита					
3	Защита от воздействия на анатомо-топографические зоны			Защита от общих и смешанных механизмов воздействия		
2	Защита от механических факторов	Защита от агрессивных и неагрессивных сред	Электрoзащита	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			маслостойкость	влагопроницаемость	пылепроницаемость
	стойкость к разрыву	влагоемкость				
	стойкость к проколу					

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

Суммарный риск утраты здоровья шахтеров определялся по формуле:

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

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

В работе исследованы показатели простых защитных свойств тканей, применяющихся для изготовления шахтерской спецодежды. Каждый определяемый показатель ОВПФ преобразовывали в требование к конкретному

защитному свойству. Полученное значение риска (R_c) использовали для обоснования показателей защитных свойств материалов и конструкций спецодежды шахтерской, 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 :

$$R_c = f(\bar{n}_i) \quad (2)$$

По данным хронометражных исследований, проведенных в рамках настоящей работы, изучена продолжительность механических воздействий на тело шахтеров основных профессий в зависимости от мощности пласта и относительного времени работы в вынужденных рабочих позах, указанных в Таблице 3.

Таблица 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

В четвертом разделе «Экспериментальные исследования тканей и спецодежды в лабораторных условиях и процессе ее эксплуатации» проведено исследование влияния свойств тканей на эффективность эксплуатационных, гигиенических и защитных характеристик спецодежды.

При планировании эксперимента, с целью определения достоверности выборки было рассчитано среднее квадратическое отклонение по ряду показателей, характеризующих ткань. Установлено, что 95,5% всех вариантов находятся в пределах $M \pm 2\sigma$, т. е., средняя величина характерна для данного ряда и не требуется увеличивать число наблюдений в совокупности. Число наблюдений (n) необходимых для получения достоверных величин определяли по формуле:

$$n = \frac{t^2 \cdot \sigma^2}{\Delta^2}; \quad (3)$$

Проведенные расчеты позволили установить, что 17 измерений достаточны для получения достоверных данных и достижения цели данного исследования с вероятностью безошибочного прогноза $p=99\%$.

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 и 424,28, а при $p=99,9\%$ - 425,52 г. и 424,08 г. соответственно.

В результате исследований получены уравнения регрессии, описывающие: зависимости снижения поверхностной плотности тканей (износ) «Горизонт» и «Шахтер» от степеней истираемости (Рисунок 1), зависимость изменения величин воздухопроницаемости (Рисунок 2), пылепроницаемости (Рисунок 3), гигроскопичности (Рисунок 4), водоупорности (Рисунок 5), разрывной (Рисунок 6, 7) и раздирающей (Рисунок 8, 9) нагрузки ткани от степени ее истираемости, выраженной показателями поверхностной плотности ткани.



Рисунок 1. Зависимость потери массы тканей от их истираемости.

Расчет коэффициентов детерминации (квадрат коэффициента корреляции) по этим тканям (Рисунок 1), свидетельствует о сильной связи между базовыми и зависимыми от них переменными по приведенным показателям, характеризующим свойства ткани.

Расчет величины износа тканей (Рисунок 1) показал, что после первых 1000 циклов истираний потеря плотности по двум тканям составила 6-6,5 %, после 6000 циклов - 77-78,9 %. Нарастание процента износа объясняется износом структуры ткани, снижением массовой доли пропитки (влагостойкой, противогнилостной и т.д.), что свидетельствует об ухудшении гигиенических показателей тканей.

Как видно из графиков, представленных на Рисунок 2, 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. Полученные уравнения регрессии и коэффициенты детерминации свидетельствуют о наличии

сильной обратной связи между воздухопроницаемостью и потерей массы ткани, пропорциональной количеству циклов ее истирания.

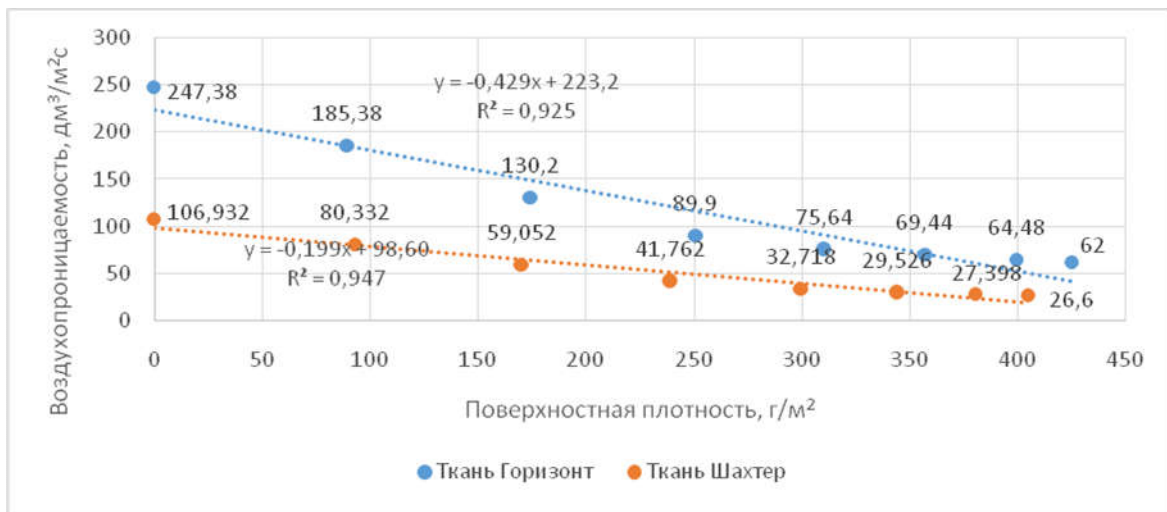


Рисунок 2. Зависимость изменения уровней воздухопроницаемости тканей «Горизонт» и «Шахтер» от потери ее массы.

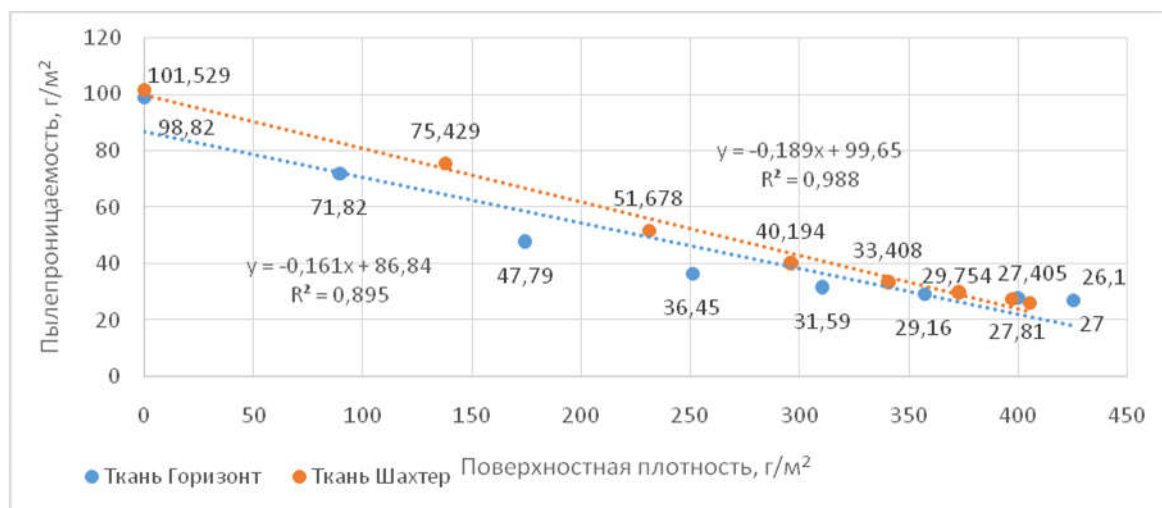


Рисунок 3. Зависимость изменения уровня пылепроницаемости тканей «Горизонт» и «Шахтер» от потери массы.

Как следует из графиков, представленных на Рисунке 3, пылепроницаемость обеих тканей приблизительно одинакова, и разница в росте ее показателей со снижением массы тканей различается несущественно. В то же время, рост пылепроницаемости с потерей массы тканей в результате ее истираемости весьма существенен (от 27 г/м² при поверхностной плотности более 400 г/м², до 72 г/м² при поверхностной плотности более 100 г/м²). Полученные уравнения регрессии и коэффициенты детерминации свидетельствует о наличии сильной обратной связи между пылепроницаемостью и потерей массы ткани, пропорциональной количеству циклов ее истирания.

Водозащитные свойства спецодежды, в основном, определяются гигроскопичностью и водоупорностью ткани.

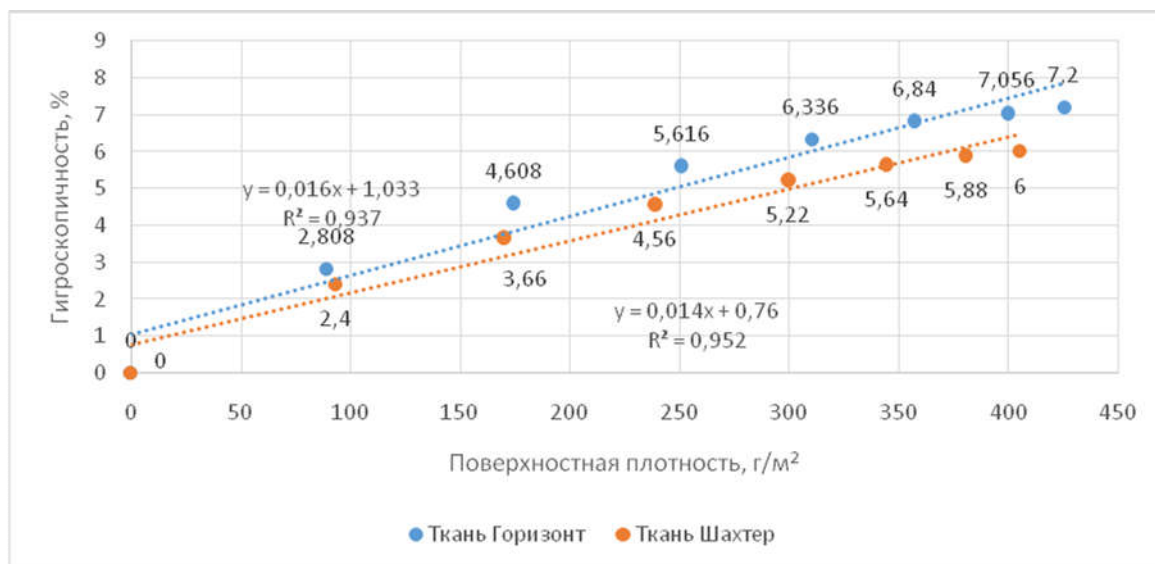


Рисунок 4. Зависимость изменения уровня гигроскопичности тканей «Горизонт» и «Шахтер» от потери ее массы.

Гигроскопичность тканей характеризует их способность поглощать водяные пары из окружающей среды и отдавать их при высушивании. Исследование процессов влагоотдачи (%) показало, что у тканей с синтетическими волокнами показатели выше, чем у тканей из натуральных волокон. 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. 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 определяет водозащитные свойства ткани. Чем она выше, тем выше водозащитные свойства спецодежды. Как показывают результаты исследований, приведенные на Рисунках 4 и 5, имеется сильная прямая зависимость между степенью износа ткани и показателями водозащитных свойств ткани. Как следует из графиков, водозащитные свойства обеих тканей приблизительно одинакова, и разница в росте ее показателей со снижением массы тканей незначительна.

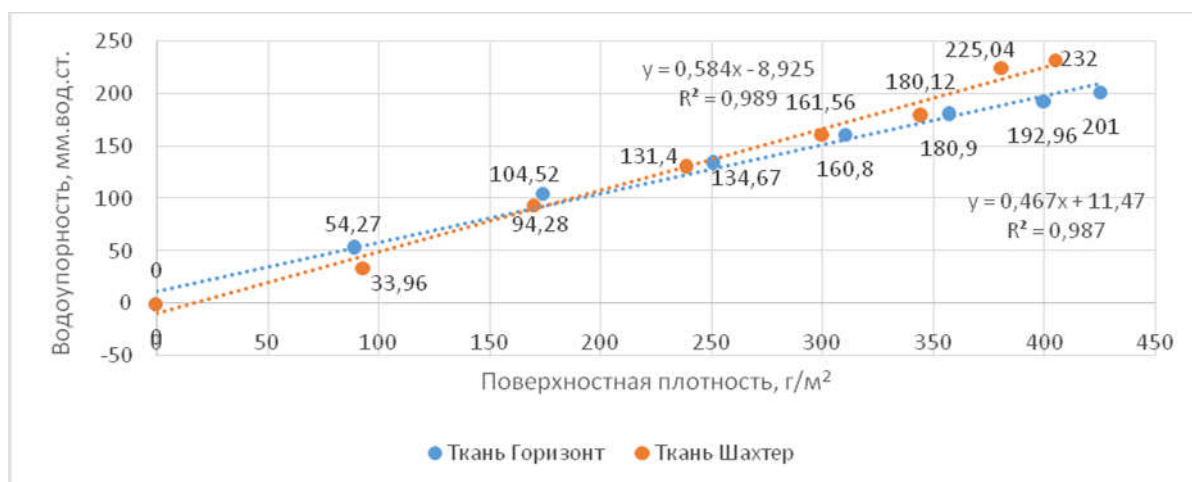


Рисунок 5. Зависимость изменения уровня водоупорности ткани «Горизонт» от потери ее массы.

Прочность ткани на разрыв и раздир, как правило, определяются по двум параметрам – по основе и утку (Рисунок 6 и 7).

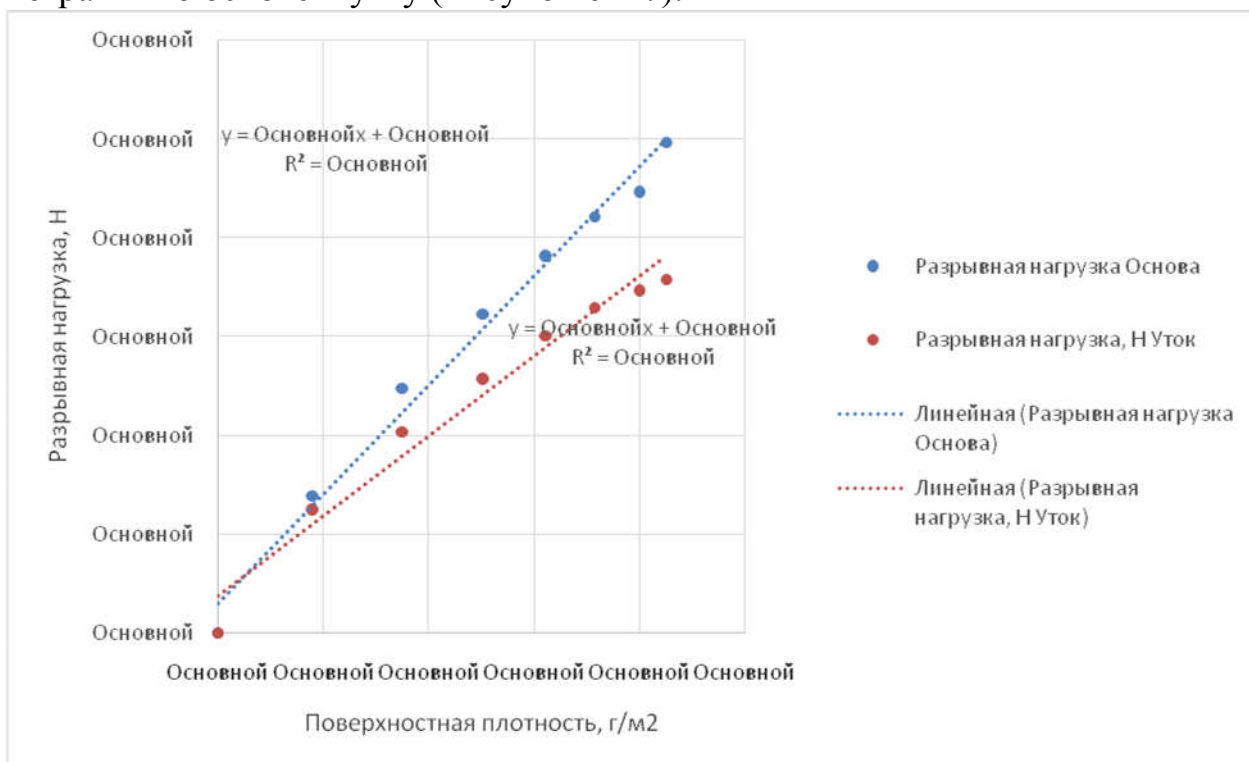


Рисунок 6. Зависимость величины разрывной нагрузки спецодежды шахтерской из ткани «Горизонт» от потери ее массы

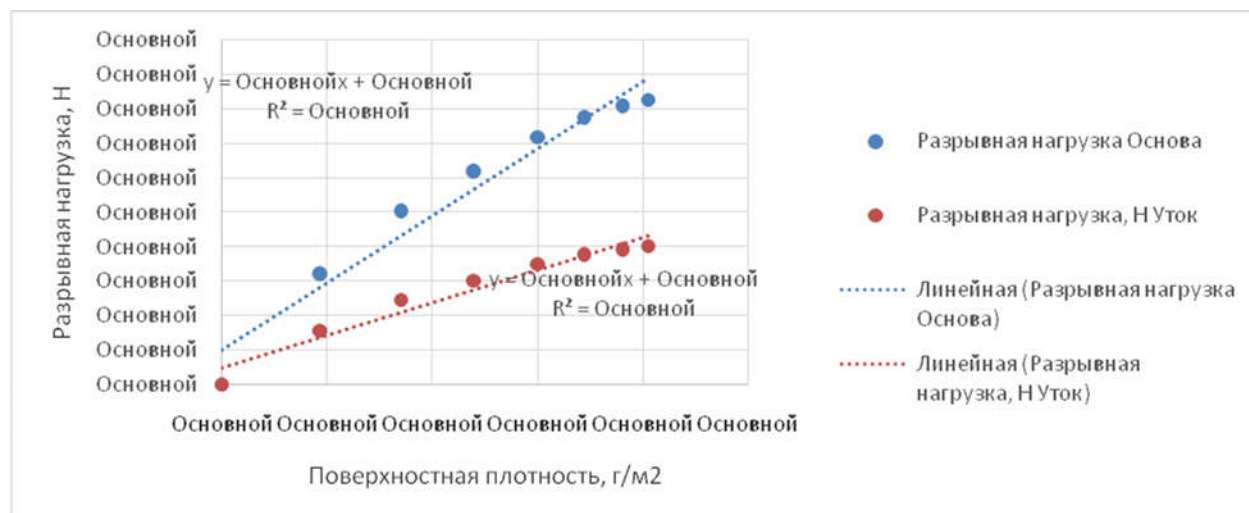


Рисунок 7. Зависимость величины разрывной нагрузки спецодежды шахтерской из ткани «Шахтер» от потери ее массы

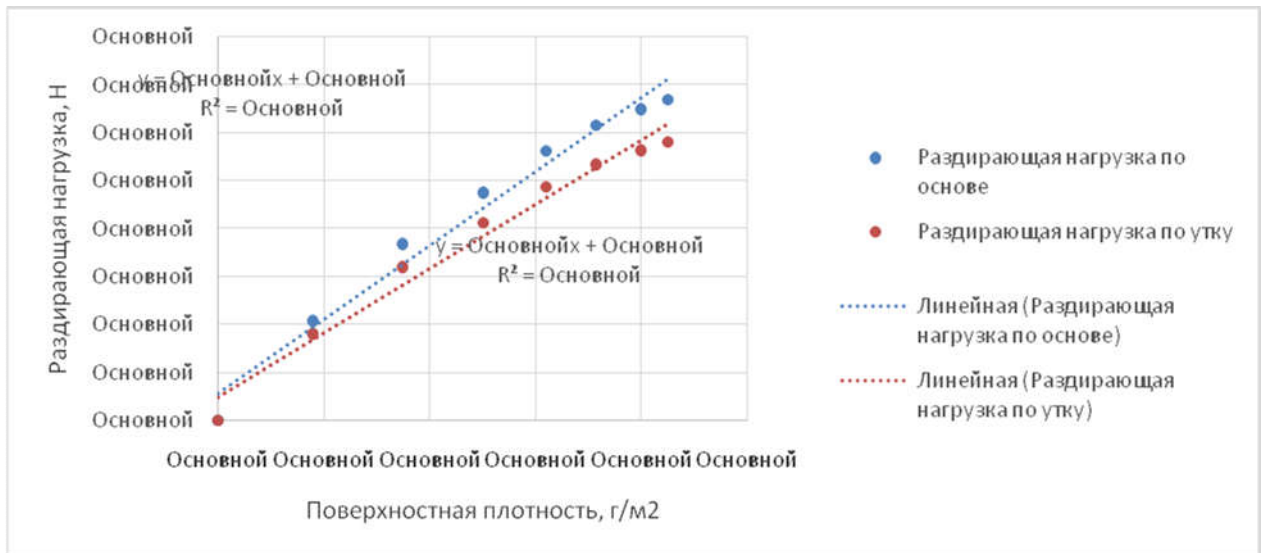


Рисунок 8. Зависимость величины раздирающей нагрузки спецодежды шахтерской из ткани «Горизонт» от потери ее массы

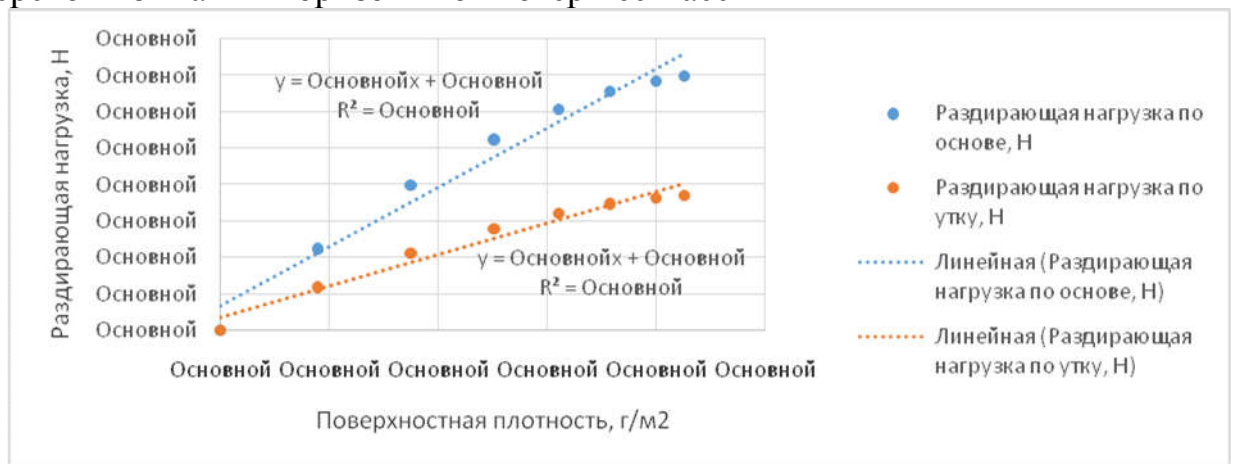


Рисунок 9. Зависимость величины раздирающей нагрузки спецодежды шахтерской из ткани «Шахтер» от потери ее массы.

Как показывают результаты исследований, имеется сильная прямая зависимость между степенью износа ткани и ее прочностными показателями. Коэффициент корреляции во всех проведенных исследованиях превышает 90%.

При эксплуатации спецодежды в шахтных условиях, равномерное ее истирание по всей ее поверхности невозможно, в силу того, что износ носит локальный зонный характер. В связи с этим, нами было проведено исследование 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 износостойкости ткани проводились по результатам носки спецодежды на маломощных пластах в области колена и при работе с опорой на бедро и голень.

Как следует из Рисунка 10, 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.

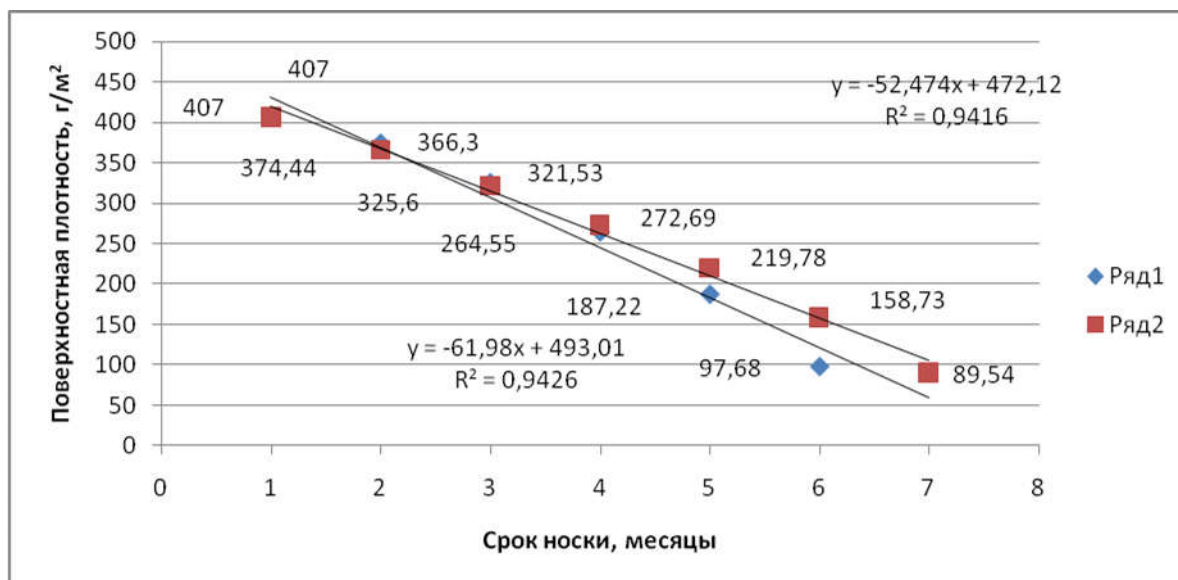


Рисунок 10. Зависимость степени износа спецодежды шахтерской из ткани «Горизонт» при работе на маломощных пластах от срока эксплуатации в области колен (ряд 1), бедра и голени (ряд 2).

Исследованиями, проведенными в рамках диссертационной работы установлено, что в зависимости от мощности пластов и позы работающего, нагрузка на коленный сустав колеблется от 14,38 кг до 31,32-33,35 кг. При работе с опорой на бедро и голень, степень износа спецодежды ниже. Это связано с тем, что хотя 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 см²). Как показывают результаты исследований, имеется сильная обратная зависимость между степенью износа ткани и сроками ее эксплуатации.

С целью проведения комплексной оценки, рассчитывались интегральный комплексный показатель тканей для костюмов шахтерских. Они определялись по трем тканям по критериям оценки материалов, полученным по результатам лабораторных испытаний тканей в рамках настоящей работы. Суммарное значение элемента риска (индекс риска) по каждому из показателей (n) определялся по критериям Лапласа:

$$K_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_i, \quad (4)$$

где n - число испытываемых характеристик спецодежды;

r_i - показатели риска, характеризующие надежность защитных характеристик спецодежды.

Для каждого значения критерия определялся показатель риска отдельно по каждому виду ткани:

$$r_i = E_{(\min)} - E_{\text{изм } i}. \quad (5)$$

Комплексная характеристика ткани установлена по следующим показателям: разрывная нагрузка по основе ($K_{\text{рно}}$) и утку ($K_{\text{рну}}$), стойкость к истиранию по плоскости серошинельным сукном ($K_{\text{си}}$), раздирающая нагрузка по основе ($K_{\text{рдно}}$) и утку ($K_{\text{рдну}}$), воздухопроницаемость ($K_{\text{в}}$), водоупорность до стирки

($K_{вдс}$) и после стирки ($K_{впс}$), пылепроницаемость ($K_{п}$), что легло в основу определения интегрального комплексного показателя для тканей (И) по формуле:

$$И = \frac{1}{K_{рно} \cdot K_{рну} \cdot K_{си} \cdot K_{рдно} \cdot K_{рдну} \cdot K_{в} \cdot K_{вдс} \cdot K_{впс} \cdot K_{п}}; \quad (6)$$

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 меньше относительный показатель, тем надежнее ткань. Таким образом, установлено, что наилучшими показателями обладает ткань «Шахтер», в 4,7 раза лучше 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.

Для определения соответствия расчетных данных фактическим, определены прогнозные уровни эксплуатационных, гигиенических и защитных показателей тканей путем применения критерия Пирсона - хи-квадрат (χ^2), полученного по формуле:

$$\chi^2 = \sum \frac{(y_{изм} - y_{расч})^2}{y_{расч}}; \quad (7)$$

Полученные значения χ^2 , устанавливающие вероятность соответствия расчетных данных фактическим, являются достоверными. Результаты проведенных исследований позволяют прогнозировать эксплуатационные и гигиенические свойства тканей и сроки их эксплуатации спецодежды в условиях больших механических нагрузок.

В пятом разделе «Основные технические требования к спецодежде шахтеров. Внедрение и обоснование эффективности результатов работы». На основании проведенных исследований эксплуатационных, защитных и гигиенических свойств спецодежды шахтерской и ее технико-экономической оценки определен ассортимент тканей, которые могут быть рекомендованы для изготовления шахтерской спецодежды, установлены технические требования к ним и порядок рационального применения спецодежды.

Разработаны новые подходы в исследовании эксплуатационных характеристик тканей. В соответствии с техническим заданием, согласованным и утвержденным в установленном порядке, разработан и изготовлен прибор для истирания тканей по большой плоскости (ПИТ), представленный на Рисунке 11 и методика испытаний тканей на стойкость к истиранию, что позволяет 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.

На основании результатов исследований в лабораторных и производственных условиях комплекса свойств тканей, предназначенных для изготовления спецодежды шахтерской, проведена ее технико-экономическая оценка. Прогнозный экономический эффект от внедрения спецодежды $\mathcal{E}_{оп}$ определяли по формуле:

$$\mathcal{E}_{оп} = D_{в} + C_{у}, \quad (8)$$

где: D_B - дополнительный объем чистой продукции за счет сокращения потерь рабочего времени из-за болезней;

C_y - изменение удельной стоимости спецодежды.

Проведенный расчет внедрения 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.

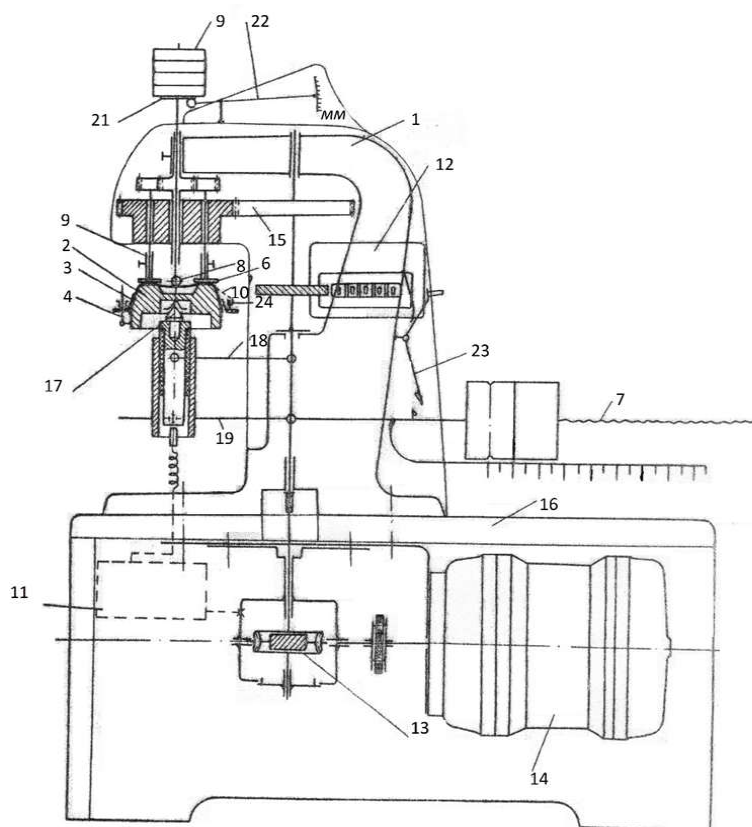


Рисунок 11. Схема прибора для испытаний ткани на стойкость к истиранию(ПИТ).

ВЫВОДЫ

Диссертация является законченной научно-исследовательской работой, в которой дано новое решение актуальной научной задачи обоснование параметров износостойкости шахтерской спецодежды в зависимости от условий ее эксплуатации, путем установления закономерностей влияния комплекса ОВПФ на величину снижения защитных, эксплуатационных и гигиенических свойств спецодежды.

Основные выводы, научные и практические результаты работы:

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 и 424,28, 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 превышают 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 маломощных пластов составит более 25 млн. руб.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. 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. науч. Трудов МакНИИ –2013.– №2(32) – С. 198 -205.

2. Тарасенко, Д.Л. Законодательные и нормативные акты стимулирования работ по обеспечению безопасных условий труда /Д.Л. Тарасенко, **С.Л. Тарасенко**// 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.) – С. 101 – 105.

3. **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. науч. Трудов МакНИИ –2014.– №2(34) – С. 127 -133.

4. **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.

5. Долженков, А.Ф. Эксплуатационные свойства ткани для спецодежды шахтеров / А.Ф. Долженков, **С.Л. Тарасенко** // Научный вестник НИИГД «Респиратор»: науч.-техн. журн. – Донецк, 2017. – №4(54). – с. 92-100.

6. **Тарасенко, С.Л.**Обоснование показателей износостойкости тканей для спецодежды шахтерской / С.Л. Тарасенко // Вентиляция подземных сооружений и промышленная безопасность в XXI веке: сб. науч. труд. – Донецк, ДонНТУ: 2017. – С. 97-104.

7. Долженков, А.Ф. Особенности применения комплексного подхода при оценке защитных свойств спецодежды шахтерской / А.Ф. Долженков, **С.Л. Тарасенко** // XIIМеждународная научно-практическая конференция «Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно-развитых регионах». - Кузбасский национальный технический университет. – Кемерово, 2017. – С. 112-1 – 112-8.

8. **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.

9. Долженков, А.Ф. Зональный принцип подхода к оценке эффективности защиты шахтеров спецодеждой / А.Ф. Долженков, С.Л. Тарасенко // Научный вестник НИИГД «Респиратор»: науч.-техн. журн. – Донецк, 2018. – №2(55). – с. 102-110.