

**Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Донской государственный технический университет»
в г. Шахты Ростовской области**

На правах рукописи



Коринтели Анна Михайловна

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССОВ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕРМОЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ
ДЛЯ ПОДВОДНОЙ СВАРКИ**

Специальность 2.6.16. «Технология производства изделий
текстильной и легкой промышленности»

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель

доктор технических наук, профессор
Черунова И.В.

Шахты – 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....		8
1	СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ ПОДВОДНЫХ СВАРЩИКОВ	18
1.1	Современные направления и особенности применения технологий подводной сварки.....	18
1.2	Исследование системы «человек – сварочный процесс – подводная среда» и проблем индивидуальной защиты подводных сварщиков	21
1.3	Биофизические особенности организма человека при сварочных работах под водой.....	31
1.4	Обоснование требований к спецодежде для подводной сварки.....	38
1.5	Анализ современных гидрокостюмов и материалов, применяемых в условиях подводной сварки.....	41
	Выводы по первой главе. Постановка задач исследования.....	50
2	МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «ЧАСТИЦА ГОРЯЧЕГО МЕТАЛЛА – ПОДВОДНАЯ СРЕДА – ГИДРООДЕЖДА СВАРЩИКА».....	53
2.1	Эргономическое обоснование зонирования термозащитных свойств гидроодежды подводного сварщика.....	53
2.2	Обоснование методов математического моделирования термодинамических и гидромеханических процессов переноса частиц горячего металла к человеку под водой.....	60
2.3	Разработка геометрических и теплофизических исходных данных модели системы «частица горячего металла – подводная среда – гидроодежда».....	67

2.4	Разработка математической модели и прогнозирование термического воздействия частиц металла подводной сварки на поверхность гидроодежды.....	72
2.5	Моделирование и выявление термических критериев к термозащитной оболочке и материалам гидроодежды.....	81
	Выводы по второй главе.....	85
3.	РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И МАТЕРИАЛОВ ПОЛИЗОНАЛЬНОЙ ОБОЛОЧКИ ЗАЩИТНОГО ГИДРОКОСТЮМА ДЛЯ ПОДВОДНОЙ СВАРКИ.....	87
3.1	Разработка концепции структуры полизональной оболочки защитного гидрокостюма для подводной сварки.....	87
3.2	Исследование физико-технических характеристик опорных вспененных материалов для гидроодежды.....	90
3.3	Исследование термостойкости современных вспененных материалов для гидроодежды.....	104
3.4	Разработка и исследование функционального материала для барьерной термической защиты гидрокостюма.....	105
	3.4.1 Разработка бионической структуры барьерного покрытия поликомпонентного материала гидрокостюма.....	109
	3.4.2 Разработка технологии, изготовление и исследование термостойкого рельефного покрытия с бионической структурой.....	116
	3.4.3 Разработка, изготовление и исследование нового комплексного эластичного материала с барьерной термической защитой под водой	123
	Выводы по третьей главе.....	130

4	РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ПОДВОДНОГО СВАРЩИКА И ОЦЕНКА ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ.....	132
4.1	Разработка алгоритма автоматизированного проектирования термозащитной гидроодежды для подводной сварки.....	132
4.2	Моделирование и автоматизированная оценка термической безопасности подводного сварщика в защитной гидроодежде.....	134
4.2.1	Обоснование и разработка методики моделирования процессов теплопередачи в многослойной оболочке одежды в воде в автоматизированном режиме.....	134
4.2.2	Численное моделирование теплопередачи в системе «водная среда – горячая металлическая капля – многослойная оболочка гидроодежды – тело человека».....	145
4.2.3	Оценка термической безопасности защитной гидроодежды для тела человека при подводной сварке в автоматизированном режиме.....	149
4.3	Разработка специального термозащитного костюма для подводной сварки в условиях САПР.....	152
4.4	Разработка специального СИЗ для дополнительной защиты верхних конечностей подводного сварщика.....	157
	Выводы по четвертой главе.....	161
5	РАЗРАБОТКА И АПРОБАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ ИННОВАЦИОННЫХ ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ ПОДВОДНЫХ СВАРЩИКОВ.....	163

5.1	Разработка и исследование технологического обеспечения производства термозащитного костюма для подводной сварки.....	163
5.1.1	Разработка схемы технологической сборки мужского термозащитного гидрокостюма для подводной сварки с учетом полизональной оболочки одежды.....	163
5.1.2	Разработка и исследование нового гидроизоляционного соединительного шва с повышенной эксплуатационной прочностью	164
5.2	Разработка и исследование метода автоматизированного управления планом производства инновационных швейных изделий для подводных сварщиков.....	171
5.2.1	Обоснование метода управления инновациями для производственно-технологических процессов в швейном производстве	171
5.2.2	Разработка методики применения теории игр для управления инновациями в швейной промышленности.....	174
5.2.3	Разработка и апробация алгоритма и компьютерной программы автоматизированного формирования плана производства инновационных швейных изделий для подводных сварщиков.....	181
5.2.4	Промышленная апробация и оценка результатов исследований и новых технологий гидроодежды специального назначения.....	187
	Выводы по пятой главе.....	192
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	194
	Рекомендации, перспективы дальнейшей разработки темы.....	198
	СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	199
	СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ.....	200

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	202
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Химические компоненты подводного сварочного процесса и их влияние на человека.....	238
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Методика и обработка априорного ранжирования факторов системы «человек – сварочный процесс – подводная среда».....	243
ПРИЛОЖЕНИЕ В Характеристики термических воздействий на человека при подводной сварке.....	240
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Характеристики современных гидрокостюмов «мокрого» типа.....	250
ПРИЛОЖЕНИЕ Д Физико-технические характеристики опорных вспененных материалов для гидроодежды.....	265
ПРИЛОЖЕНИЕ Е Общая характеристика типовых термостойких покрытий материалов.....	268
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж Основные технические характеристики термостойкой силиконовой основы для барьерного защитного материала.....	270
ПРИЛОЖЕНИЕ И Условия экспериментального исследования влияния критического термического воздействия на устойчивость структуры нового комплексного термостойкого материала.....	271
ПРИЛОЖЕНИЕ К Патент на изобретение «Термостойкое силиконовое покрытие с поверхностной рельефной структурой».....	272
ПРИЛОЖЕНИЕ Л Систематизация характеристик современных САПР одежды для предприятий по производству спецодежды.....	273
ПРИЛОЖЕНИЕ М Результаты патентных исследований современных гидрокостюмов и их компонентов.....	283
ПРИЛОЖЕНИЕ Н Патент на изобретение «Защитный термостойкий гидрокостюм мокрого типа для подводной сварки».....	286

ПРИЛОЖЕНИЕ П Фрагменты интерфейса формирования исходных данных, расчетов и построения конструкции термозащитного гидрокостюма подводного сварщика в условиях САПР одежды.....	287
ПРИЛОЖЕНИЕ Р Патент на изобретение «Латы-перчатки огнестойкие с дополнительной функцией освещения».....	289
ПРИЛОЖЕНИЕ С Схема технологической сборки мужского термозащитного гидрокостюма для подводной сварки.....	290
ПРИЛОЖЕНИЕ Т Патентные исследования структуры и способов получения герметичных ниточных швов.....	292
ПРИЛОЖЕНИЕ У Патент на изобретение «Способ герметичного соединения деталей из монокомпонентных материалов с поликомпонентным покрытием».....	296
ПРИЛОЖЕНИЕ Ф Технологическая характеристика рекомендуемого оборудования для производства термозащитной одежды из поликомпонентных материалов.....	297
ПРИЛОЖЕНИЕ Х Современные способы принятия решений о запуске в производство продукции с патентной новизной.....	299
ПРИЛОЖЕНИЕ Ц Теория игр как основа метода управления инновациями в швейном производстве.....	305
ПРИЛОЖЕНИЕ Ч Свидетельство на программу для ЭВМ «Программа автоматизированного управления планом производства инновационных швейных изделий».....	310
ПРИЛОЖЕНИЕ Ш Оценка объектов разработки и промышленная апробация результатов диссертационной работы (Акты внедрения).....	311

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Подводно-технические сварочные работы занимают значительное место в промышленности [1–3], во многих ремонтных или монтажных процессах с металлическими конструкциями и деталями, находящимися ниже ватерлинии. Это особый вид работ, который требует сложной комплексной квалификации специалиста. С одной стороны, подводная сварка требует применения специального оборудования и характеризуется общими условиями водолазных работ. С другой стороны, такие работы требуют непосредственного сварочного дела под водой. Однако, согласно данным Росстат, в Общероссийском классификаторе занятий отсутствует профессиональная группа «Подводные сварщики», хотя численность работников в обобщенной профессиональной группе, куда отнесены сотрудники со схожими должностными обязанностями по выполнению работ под водой, только в Российской Федерации уже составила 184,7 тыс. человек [3–5] и будет расти. Это связано с тем, что объем выполняемых подводно-сварочных работ и интерес к исследованиям в этой области стремительно увеличивается как в России, так и в других странах, обостряя внимание к вредным условиям труда для такой сложной и опасной профессии. По данным Федеральной службы государственной статистики доля работников, занятых во вредных условиях труда, составляет более 35 % [6], а данные Центра по контролю и профилактике заболеваний показывают, что подводные сварщики гибнут в 40 раз чаще [7], чем в среднем на других работах. Учитывая, что обеспечение приоритета жизни, здоровья и технологий их обеспечения для людей на производстве является первоочередным направлением государственной политики России в области охраны труда [6–7], данная ситуация обостряет актуальность задач по созданию эффективных средств индивидуальной защиты (СИЗ), среди которых спецодежда играет основную роль. Однако, анализ номенклатуры существующих видов спецодежды по принадлежности к различным профессиям показал, что, как и самой отдельной профессии, спецодежды для

подводных сварщиков, регламентированной соответствующими стандартами, которые определяют ее параметры и свойства, не существует [8–11]. В настоящее время специалисты-сварщики используют гидрокостюмы для общих водолазных работ, не учитывающие условия труда с подводной дуговой сваркой (образование и распространение брызг и искр расплавленного металла в воде, начальная температура которых может достигать до 2600 °С [12]), когда даже в воде наблюдается системный риск термических ожогов человека и соответствующие термомеханические повреждения применяемых гидрокостюмов [12–15]. Анализ опыта применения подводными сварщиками защитных швейных изделий под водой показал, что в качестве дополнительного защитного внешнего слоя, чтобы спасти основную универсальную гидроодежду и собственное тело от термических разрушений и ожогов используются «одноразовые» комбинезоны или костюмы поверх основного гидрокостюма, выполненные из универсальных тканей для спецодежды и не предназначенные для подводной эксплуатации, что является недопустимым и требует поиска и создания новых видов специализированной для данной профессии защитной одежды и СИЗ, снижающих перечисленные риски и обеспечивающих подводных сварщиков достаточными для безопасного труда и сохранения одежды термозащитными свойствами [16–20]. Для решения обозначенных проблем требуется разработка новых научно-обоснованных процессов проектирования специализированной термозащитной одежды для подводной сварки.

Степень научной разработанности проблемы. Существенный вклад в решение проблем развития и совершенствования процессов проектирования и производства гидроодежды из различных материалов внесли российские и зарубежные ученые. Исследования, направленные на изучение и теплозащитных свойств одежды для водолазов с подогревом, рассмотрены в работах Жаворонкова А.И., Анисимова А.А., Уитроу М., Джеймс Томас Э., Красберг А. В научных работах Ташпулатова С.Ш., Черуновой И.В., Барди Э., Моллендорфа Й., Пендергаста Д.Г., Шатара Ж. и др. представлены исследования физико-механических свойств материалов (пакетов материалов) для водолазных костюмов,

а также для защитной одежды сварщиков и другой термически защитной одежды (работы Чижик М.А., Бринка И.Ю., Добровольской Т.А., Лаврентьевой Е.П., Сильченко Е.В. и др.), что является важной базой знаний для дальнейшего развития свойств оболочки гидроодежды и материалов для неё. Авторами Никитченко И.И., Власенко О.М., Наколсом М.Л. затрагиваются вопросы, связанные с модернизацией этапов проектирования водолазного спецснаряжения и совершенствования автоматической системы регулирования температуры водолазного спецснаряжения, а в работах Андреевой Е.Г., Сурженко Е.Я., Корниловой Н.Л., Кузьмичева В.Е. Менны Го, Тисленко И.В., Синьчжоу У. И других ученых представлены разработки по совершенствованию процессов проектирования одежды из эластичных материалов, однако результаты рассматриваемых исследовательских работ не учитывают процессы проектирование защитной гидроодежды для подводных сварщиков. Это определяет актуальность задачи поиска новых эффективных научных и проектных решений в технологиях производства изделий текстильной и легкой промышленности для защиты человека-сварщика под водой.

В части области исследований диссертационная работа соответствует направлениям направлениям: п.7 «Цифровое прогнозирование, математические методы, информационные технологии моделирования технологических процессов первичной обработки сырья, организации производства и изготовления волокон, нитей, материалов и изделий текстильной и легкой промышленности», п.16 Разработка методов моделирования и расчетного прогнозирования технологических процессов в условиях автоматизированного проектирования ИТЛП; п.19 Разработка новых материалов, обеспечивающих высокие эксплуатационные свойства ИТЛП паспорта научной специальности 2.6.16 – Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности.

Цель исследования – разработка научно-обоснованных процессов проектирования и производства специальной одежды для подводной сварки, обеспечивающей повышенный уровень индивидуальной защиты человека и одежды от термических рисков.

Объект исследования – термозащитная одежда (СИЗ) для подводной сварки, материалы и процессы ее проектирования и производства.

Предмет исследования – структура и термомеханические свойства материалов и оболочек гидроодежды, процессы теплопередачи в многокомпонентных оболочках гидроодежды, процессы автоматизированного проектирования швейных СИЗ, способы изготовления, организации производства и методы оценки термозащитной специальной гидроодежды для подводной сварки.

Для достижения поставленной цели решены следующие **задачи исследования:**

- выполнен анализ современных особенностей и тенденций подводных сварочных технологических процессов, проблем защитной одежды (СИЗ) подводных сварщиков, биофизических особенностей организма человека при сварочных работах под водой, современных гидрокостюмов и материалов для них с обоснованием требований к спецодежде для подводной сварки;

- выполнено моделирование и исследование гидротермической системы «частица горячего металла – подводная среда – гидроодежда сварщика» с разработкой концепции и термических критериев к материалам оболочки термозащитной гидроодежды для подводной сварки;

- разработана и исследована структура и новые материалы полизональной оболочки термозащитного гидрокостюма для подводной сварки, обеспечивающей повышенную защиту человека и одежды от подводных термических рисков;

- разработаны, исследованы и апробированы на примере новых защитных швейных изделий автоматизированные процессы проектирования средств индивидуальной защиты подводного сварщика с расширением функций САПР для оценки термической безопасности спроектированной гидроодежды на основе методов моделирования;

- разработана и апробирована технология автоматизированного управления производством инновационных швейных изделий для подводных сварщиков с созданием теоретической основы, алгоритмов и соответствующей компьютерной программы, учитывающая новые элементы технологического обеспечения

процессов производства термозащитной гидроодежды и особенности рыночных рисков инноваций;

– выполнена разработка, оценка и апробация в производстве термозащитной гидроодежды (гидрокостюма) для подводной сварки и дополнительных актуальных СИЗ из новых функциональных материалов.

Исследования выполнены на кафедре «Конструирование, технологии и дизайн» Института сферы обслуживания и предпринимательства (филиала) Донского государственного технического университета в г.Шахты в рамках выполнения работ по научно-исследовательским проектам «Микроструктурный анализ вспененного компонента для прототипа композиционного материала» (Рег.№221091300047–9) и «Исследование деформационных свойств прототипа композиционного материала. Исследование термостойкости прототипа композиционного материала» (Рег.№222031400019–0) в рамках гранта Фонда содействия инновациям «Разработка прототипа композиционного материала с повышенной термомеханической устойчивостью для подводной эксплуатации» (Рег.№222022200001–5).

Методы исследования и технические средства решения задач.

Исследования выполнены с применением методов системного анализа, алгоритмизации, методов текстильного материаловедения, планирования эксперимента, вероятностных методов и методов математической статистики, теории игр, методов экономического анализа, инновационного и инвестиционного менеджмента. В работе применены симплекс-метод для решения задач линейного программирования, метод структурно-графического анализа, инженерные методы конструирования специальной одежды.

Решение теоретических задач опиралось на применение классических научных подходов в теории термодинамики, тепломассопереноса, гидродинамики, аналитической геометрии, механики деформируемых тел.

В работе использовались современные технические средства и компьютерные технологии: комплекс оборудования лабораторий материаловедения швейного производства и автоматизированного проектирования

одежды ИСОиП (филиала) ДГТУ в г.Шахты, тепловизор FLIR E5, система автоматизированного проектирования «Novo-cut», интегрированная среда численного моделирования COMSOL Multiphysics, программная среда для математического моделирования «Autodesk Fusion 360», программная среда «Mach3», графический редактор «Corel Draw», графические и расчетные пакеты Microsoft Office, прикладная компьютерная программа «Программа автоматизированного управления планом производства инновационных швейных изделий».

Информационно-теоретической базой диссертации послужили труды отечественных и зарубежных ученых в исследуемой и смежных областях, научная и справочная литература, конструкторско-технологическая документация.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

– разработана математическая модель прогнозирования термического воздействия на одежду сварщика под водой в системе «частица горячего металла – подводная среда – гидроодежда» с учетом установленных эргономических условий, гидродинамических и теплофизических параметров водной среды и сварочного металла;

– установлены и описаны механические, структурные и термические свойства нового поликомпонентного материала для гидроодежды в зависимости от состава и геометрических параметров вспененной основы и поверхностного условно-«бионического» покрытия;

– получены результаты моделирования процессов теплопередачи в системе «водная среда – горячая металлическая капля – многослойная оболочка гидроодежды – тело человека» и установлена зависимость температуры прогревания внутренней поверхности гидроодежды от параметров системы как инструмент формирования критерия термической безопасности СИЗ для подводной сварки;

– разработаны алгоритмы процессов автоматизированного проектирования гидрокостюма «мокрого типа» для подводной сварки, учитывающие особенности

структуры и свойств нового защитного материала с расширением функций САПР по оценке термической безопасности гидроодежды;

– предложена концепция применения теории игр и на ее основе разработана методика и алгоритмы обеспечения технологии управления планом производства инновационных швейных изделий на примере термозащитной одежды для подводных сварщиков.

Теоретическая значимость работы.

Для развития теоретических аспектов науки в технологии производства изделий текстильной и легкой промышленности имеют значение:

– концепция полизональной термозащитной оболочки принципиально нового вида средств индивидуальной защиты – спецодежды для подводной сварки, учитывающая эргономику и теплофизические свойства компонент системы «человек / сварщик – одежда – среда» под водой;

– способ теоретического прогнозирования термического воздействия на одежду сварщика под водой на основе применения теории гидротермодинамики горячих частиц электродуговой сварки методами моделирования системы «частица горячего металла – подводная среда – гидроодежда».

Практическая значимость работы:

– разработан новый поликомпонентный материал на основе термостойкого силикона со специальной поверхностной структурой в виде упорядоченной рельефной матрицы, имитирующей бионическую поверхность («акуля кожа»), обеспечивающий повышенную термозащиту и износостойкость специальной гидроодежды для подводной сварки (Патент РФ № RU 2756454);

– разработан новый по структуре соединительный шов с повышенной эксплуатационной механической устойчивостью для герметичных деталей гидрокостюма для подводной сварки (Патент РФ № RU 2791020);

– разработан термозащитный гидрокостюм мокрого типа для подводной сварки с полизональной оболочкой из нового функционального материала (Патент РФ № RU 190542) и инженерные рекомендации для технологии его проектирования и производства;

– разработан новый вид и конструктивное решение дополнительного средства индивидуальной защиты (СИЗ) верхних конечностей человека (подводного сварщика) в условиях повышенных термических рисков под водой (Патент РФ № RU 2705266);

– разработана компьютерная программа, реализующая предложенную концепцию и методику автоматизированного управления планом производства инновационных швейных изделия (Свидетельство РФ на программу для ЭВМ № RU 2019665913);

– рекомендации по разработке конструкции и технологии проектирования и производства новой термозащитной гидроодежды для подводных сварщиков.

Достоверность проведенных исследований базируется на согласованности аналитических и экспериментальных результатов, на положениях классических научных теорий, на статистически доверительном уровне полученных аппроксимаций, на использовании современных информационных технологий, методов и средств проведения исследований. Апробация основных положений диссертации производилась в научной периодической печати, на конференциях, а также в рамках производственных процессов на швейных предприятиях по производству гидроодежды в Ростовской области (ООО «Фабрика АКВАТИМ», г.Ростов-на-Дону; ИП Ярмыш Н.В. / «AQUADISCOVERY» г.Ростов-на-Дону; в производственных процессах водолазных работ с подводной сваркой в ООО "ДОНПОДВОДСТРОЙМОНТАЖ", г.Ростов-на-Дону) и в учебном процессе при подготовке магистров по направлениям 29.04.01 «Технология изделий легкой промышленности» (профиль «Технология швейных изделий») и 27.04.05 «Инноватика» (профиль «Технологии швейных изделий») в ИСОиП (ф-ле) ДГТУ в г.Шахты.

Основные положения, выносимые на защиту:

– методика прогнозирования термического воздействия сварочного процесса на гидроодежду человека под водой и соответствующая математическая модель, ее обеспечивающая;

– новый термозащитный материал для гидроодежды, состав, свойства и технологический способ его получения на основе разработанной геометрической и цифровой модели «бионической» структуры поверхности;

– алгоритмы процессов автоматизированного проектирования и управления производством термозащитной одежды для подводной сварки;

– уникальные научно-технические решения, реализованные в новых материалах, объектах СИЗ (термозащитной гидроодежде), элементах технологии её сборки и средствах автоматизации процессов швейного производства, защищенные патентами на изобретения и свидетельством на программу для ЭВМ соответственно.

Личный вклад автора. Соискателем сформулированы цель и основные задачи исследования, проведена систематизация литературных данных по тематике исследований, выбраны методы теоретических и экспериментальных исследований, разработаны методики и программы испытаний, выполнены исследования на их основе.

Обобщение полученных результатов выполнены при участии научного руководителя И.В. Черуновой. Доля соискателя в опубликованных с соавторами работах по теме диссертации составляет от 25 до 100%.

Апробация и реализация результатов работы.

Основные научные результаты проведенных исследований докладывались и получили положительную оценку на заседаниях кафедры «Конструирование, технологии и дизайн» ИСОиП (ф-ла) ДГТУ в г. Шахты; на Международной научной конференции «Потенциал науки-2017», 17.01.2018; Межвузовской научной конференции «Неделя Молодежной науки ДГТУ», 14.03.2016; Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы науки третьего тысячелетия», 09.02.2015; Международной научно-технической конференции «Дизайн», технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности" (ИННОВАЦИИ-2016), 15.11.2016; V Всероссийской научно-практической конференции «Образование в России и актуальные вопросы современной науки», 16–17.05.2022; X Международной научной конференции

«Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности», 30–31.10.2021; IX Международной научно-практической конференции «Научные междисциплинарные исследования», 12.01.2021; Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием «Инновационное развитие техники и технологий в промышленности» (ИНТЕКС – 2021), 12–15.04.2021; 6-й Всероссийской научно-практической конференции «Российские регионы как центры культурного развития в современном социокультурном пространстве», 23.10.2020; XI Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы науки и образования в условиях современных вызовов», 24.05.2022; XI Международной научно-практической конференции «Вопросы развития современной науки и техники», 16.11.2021; Всероссийских научных конференциях молодых ученых, аспирантов и студентов «Научная весна-2016», 12–17.05.2016; «Научная весна-2017», 15–19.05.2017; «Научная весна-2019», 13–17.05.2019, «Научная весна-2021», Шахты, 17-21.05.2021, «Научная весна-2022» 18.05.2022, «Научная весна-2023», 17.05.2023 в г.Шахты. Дипломы ряда конференций различного уровня свидетельствуют о состоятельности предлагаемых в диссертации решений.

Публикации. Основные результаты выполненных исследований опубликованы в 43 печатных работах, в том числе: 4 статьи в журналах, рекомендуемых ВАК при Минобрнауки России для изложения основных научных результатов диссертации на соискание учёной степени кандидата наук; 1 статья в издании, входящем в базу Scopus, 1 глава монографии, 4 патента РФ и 1 свидетельство на программу для ЭВМ.

Структура и объем работы. По своей структуре диссертация состоит из введения, 5-ти глав, выводов по главам, заключения, списка сокращений и условных обозначений, словаря терминов, списка литературы, приложений. Диссертация изложена на 237 страницах основного текста, включает 73 рисунка, 16 таблиц и 22 приложения, изложенных на 80 страницах. Список использованной литературы содержит 322 наименования.

1 СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ ПОДВОДНЫХ СВАРЩИКОВ

1.1 Современные направления и особенности применения технологий подводной сварки

Сварочное производство играет важную роль в промышленности и имеет межотраслевой характер. Всего в мире более 5 миллионов человек, занятых в этой профессиональной области, среди которых только за последнее десятилетие НАКС (Национальное Агентство Контроля Сварки) аттестовало в Москве более 1,7 миллиона сварщиков и специалистов сварочного производства [13]. При этом сварочное производство неотъемлемо от технологий освоения, строительства объектов и обслуживания морских месторождений полезных ископаемых, водного транспорта и инфраструктуры. Согласно [14], общее число ресурсов мирового шельфа составляет 457 млрд. тонн нефтяного эквивалента, при этом доля России составляет более 33 %. Строительство и эксплуатация большого количества кораблей, судов и глубоководных трубопроводов требует неоднократного проведения монтажных работ (с применением сварки и резки) без извлечения конструкции из воды. Общее число морских добывающих скважин во всем мире превышает 100 тысяч, а разработка месторождений нефти в океане ведется с целью удвоения глубин доступа [18]. Поэтому глобальный интерес к развитию этих направлений в России и в мире является очевидной причиной активного расширения сферы применения подводной сварки.

Исходя из данных Технического института CDA [15], где выделено 9 ведущих стран, наиболее пригодных для водолазных работ, включая работы по подводной сварке, установлено, что на сегодняшний день темп роста числа рабочих мест в этой сфере в мире составил 22 %. Это связано с тем, что доля водолазных

работ на морских месторождениях (техническое обслуживание, ремонт) составляет 80 % [16]. Основываясь на данных МКВД (Межведомственной комиссией по водолазному делу), число водолазов-профессионалов в Российской Федерации, работающих на глубинах до 60 метров, составляет до 5500 человек [4, 17]. В настоящее время общее количество водолазов в России доходит до 10000 человек [17] и представляют они 250 [17] водолазных организаций.

Водолазы-сварщики широко применяют подводную мокрую сварку, так как она характеризуется высокой универсальностью и отсутствием необходимости первоначальной настройки сложного оборудования (применимость в чрезвычайных ситуациях), что обосновывает ее целесообразность в практическом применении зачастую при выборе по сравнению с сухой сваркой [19, 20].

Для выявления характерных зон работы подводных сварщиков были изучены основные участки повреждений различных конструкций, где используется подводная сварка – их две: зона заплеска (дефекты возникают по причине столкновения и коррозии) и подводная зона (дефекты возникают по причине коррозии и поломки оборудования из-за высоких нагрузок на конструкции) (рисунок 1) [21].



Рисунок 1 – Типовые водные зоны (заплесковая и подводная) при морском сооружении с наиболее вероятными участками работы подводных сварщиков

Следует отметить, что подводная сварка – это процесс, объединяющий несколько противоречивых явлений, таких как вода и газ при высоком гидростатическом давлении, электричество и электрическая дуга в качестве источника тепла, высокая температура и кристаллизация сварного шва, – и все это в небольшом пространстве и за короткое время. Такие условия, представляют собой не только большой риск для качества выполняемых работ, но и угрозу для жизни сварщика, вызывая потребность в создании и применении средств индивидуальной защиты и специального снаряжения подводного сварщика [22].

Согласно данным Росстат, в Общероссийском классификаторе занятий [5] выделенной группы специалистов «подводные сварщики» в общей номенклатуре нет, несмотря на то, что общее число специалистов, сертифицированных в России по направлению подводная сварка и резка, исчисляется тысячами человек [17]. То есть, в настоящее время специальная одежда, установленная и номированная под условия и требования к применению именно для подводной сварки, в России отсутствует. При этом, на основе данных «Ассоциации водолазов» [23] были изучены и систематизированы данные по выполнению подводно-сварочных работ в России, в результате чего установлено распределение предприятий по критерию выполнения работ, связанных с подводной сваркой и резкой (рисунок 2) [23].

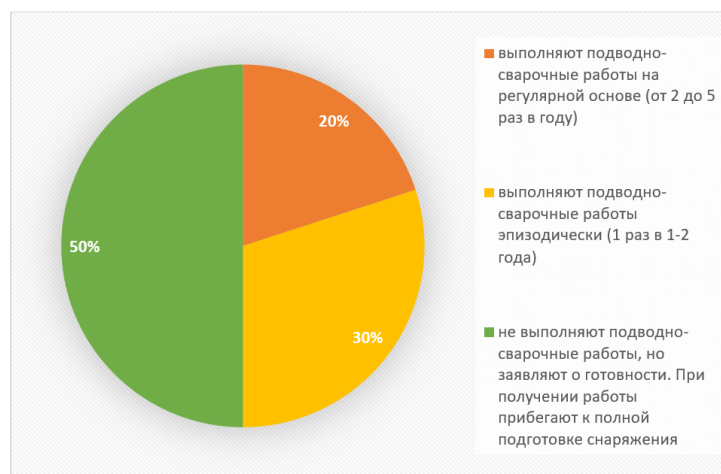


Рисунок 2 – Схема распределения предприятий по критерию выполнения работ, связанных с подводной сваркой и резкой в России

Анализ рисунка 2 показал, что необходимость разработки и применения специальной защитной гидроодежды для подводных сварщиков очевидна.

1.2 Исследование системы «человек – сварочный процесс – подводная среда» и проблем индивидуальной защиты подводных сварщиков

Для оценки трендов в области современной спецодежды и средств индивидуальной защиты с целью выявления актуальных решений для подводных сварщиков был проведен анализ рынка спецодежды в мире.

Исходя из данных Международной организации труда (МОТ) [23], которая отмечает около 374 млн. несмертельных травм, связанных с работой на производствах, в настоящее время наблюдается рост повышения внимания к безопасности на рабочем месте и, соответственно, к стабильному росту мирового рынка спецодежды [24]. Он оценивается порядка 29,1 млрд.\$, а по некоторым прогнозам к 2027 году достигнет 39,2 млрд.\$. [24, 25]. Россия является одним из крупнейших в мире потребителей спецодежды и средств индивидуальной защиты как страна с развитой промышленностью. Так, Ассоциация СИЗ РФ обозначила Россию на четвертом месте в мире по объему рынка СИЗ. Существуют оценки рынка СИЗ в России от 115 до 180 млрд.руб. По данным Министерства промышленности и торговли к 2025 году объем рынка может достичь 200 млрд.руб. [26].

Систематизация данных мирового рынка спецодежды показала, что специального ассортимента спецодежды для подводных сварщиков не представлено, превращая данный сегмент спецодежды в категорию особой уникальности, значимости и спроса на фоне описанных выше условий и трендов развития промышленности, водных технологий и сопутствующих им сварочных работ.

Таким образом, в результате проведенных исследований и анализа особенностей и проблем индивидуальной защиты и спецодежды подводных сварщиков установлено отсутствие профессиональной группы «Подводные сварщики» в номенклатуре профессий и, соответственно, отсутствие обеспечения соответствующей спецодеждой данной категории специалистов, что приводит к необходимости разработки такой ассортиментной группы СИЗ как «спецодежда для подводных сварщиков» на основе специальных требований, учитывающих специфику труда в системе «человек– сварочный процесс – подводная среда».

Техническое обслуживание или ремонт под водой различных конструкций требует применения подводной сварки как во влажной, так и сухой среде.

Морские ремонтные работы проводятся как на относительно небольшой глубине или в районе, периодически покрываемом водой, известном как зона заплеска, так и на значительных глубинах под водой.

Специалистам, в зависимости от внешних условий среды, приходится выполнять работы в открытых или замкнутых пространствах, в различных температурных условиях.

Особо опасной для специалиста является сварка в ограниченном пространстве. К опасным условиям ограниченного пространства относятся: ограниченность движений, опасности конструкции и механизмов объекта, технологического процесса сварки, эргономические факторы. В замкнутых пространствах наиболее значительными рисками (и наиболее распространенной причиной смертельных случаев) являются риски взрыва, потери сознания, удушья или утопления.

Замкнутое пространство характеризуется ограниченными входом и/или выходом, отсутствием корректной конфигурации пространства для выполнения непрерывной работы [27].

Установлены факторы риска для подводных сварщиков (в ходе рабочего процесса в условиях ограниченного пространства):

– условия гидросферы: гидростатическое давление, ограниченное пространство, температурные условия, кислородные условия, удушающие

вещества или следы других вредных газов или химических веществ (бактерии), доступные в объеме воздуха для дыхания;

– опасность взрывов: взрывоопасные вещества;

– механические и физические опасности: вибрация, электрические явления, падающий мусор, движущиеся части оборудования, недостаточное освещение, скольжение или падение [27, 28].

Ограниченное (замкнутое) пространство является характерным условием выполнения электродуговой сварки, когда движение конечностей человека происходят с небольшой скоростью при напряженной рабочей позе и непрерывном наблюдении за зоной сварки. Для всех рабочих поз сварщиков (сидя, вертикально, горизонтально) характерно вынужденное положение тела и длительное статическое напряжение мышц: локальное (мышцы руки, удерживающие инструмент) и периферийное (мышцы, поддерживающие рабочую позу) [29, 30]. Сварщик испытывает постоянные статические нагрузки, удерживая навесу свой инструмент. Статические нагрузки зависят от массы сварочного инструмента (электрододержателя, шлангового держателя полуавтомата) и длительности непрерывной работы и рабочей позы.

Согласно [16], сварка определяется как «скачкообразный процесс, который производит коалесценцию материалов путем нагрева их до температуры плавления, с применением или без применения давления и с использованием или без использования присадочных металлов».

Выделяют два вида подводной сварки: сухая и мокрая – с соответствующими способами представлены на рисунке 3, где применяют основные 3 метода подводной сварки, для которых на основе систематизации технических данных [31–35] были сформулированы основные характеристики, определяющие трудовой процесс человека под водой (таблица 1)

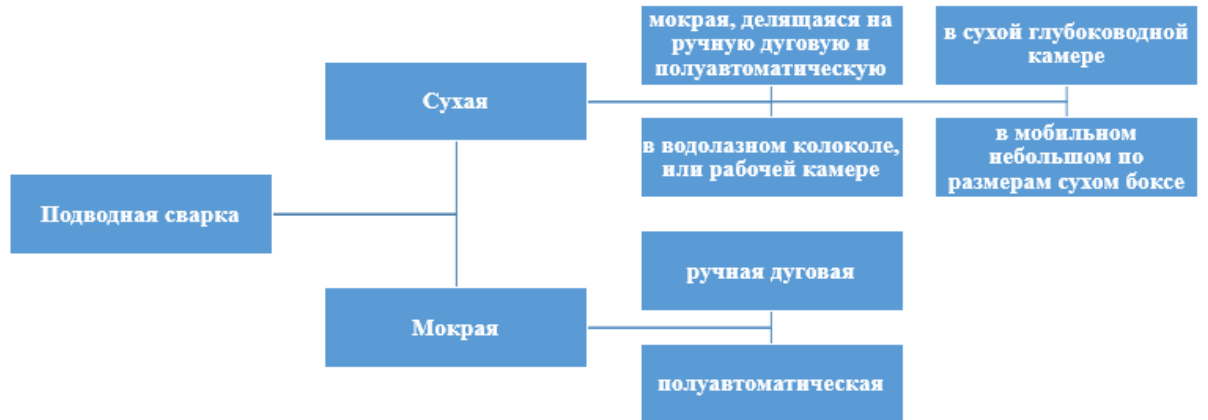


Рисунок 3 – Виды и способы подводной сварки

Таблица 1– Основные характеристики методов подводной сварки, определяющие трудовой процесс человека под водой [31–35]

Метод подводной варки	Основные характеристики	Нормативные документы
1	2	3
Подводная сварка в сухой среде	Используется для вспомогательных судов и плавучих кранов. Камеру с открытым дном или подводную сварочно-монтажную камеру устанавливают на места будущих соединений труб. Газ, находящийся в водолазном снаряжении, вытеснят морскую воду из камеры. Затем сварщик-водолаз входит в камеру и выполняет сварку в сухой среде, которая одновременно является декомпрессионной камерой за счет соединения с шлюзовым модулем, поддерживающим атмосферное давление. Индивидуальные системы жизнеобеспечения, поддерживают нужную температуру, влажность, парциальное давление кислорода (29,4 кПа), удаляют из камеры двуокись углерода и другие вредные примеси, обусловленные жизнедеятельностью организма.	РД 31.84.01-90, СНиП 3.07.02-87
Сухая глубоководная (гидросварка)	Гидробокс плотно прилегает к свариваемому соединению и обеспечивает герметичность. Основание бокса открыто для возможности ввода водолазом-сварщиком сварочной головки. Для вытеснения из бокса воды и создания сухой среды в него подается смесь инертных газов под соответствующим давлением. Установка подачи проволоки в водонепроницаемом кожухе, располагают под водой недалеко от места сварки.	

Продолжение таблицы 1

1	2	3
	Напряжение подается на дугу от источника постоянного тока, находящегося на поверхности. Защитный газ, силовой кабель и кабель для контрольно– измерительных приборов подаются к установке подачи проволоки.	РД 31.84.01-90, СНиП 3.07.02-87
Мокрая сварка	Способ дуговой мокрой сварки под водой основан на способности дуги устойчиво гореть в газовом пузыре при интенсивном охлаждении окружающей водой. Газовый пузырь образуется за счёт испарения и разложения воды, паров и газов расплавленного металла и обмазки электрода. Вокруг горячей дуги выделяется большое количество газов, что приводит к повышению в газовом пузыре и частичному выделению газов в виде пузырьков на поверхности воды. Напряжение на дуге под водой требуется повышенное 30-35В.	

В зависимости от характера соединения элементов технических устройств используются различные варианты сварки. Учитывая современные достижения в области механизации, автоматизации и роботизации сварочных работ, существуют условия, где возможно обеспечение закрытых или полузакрытых боксов с высокой степенью автоматизации технологических процессов. Но фактические условия сварочных работ очень часто не позволяют обеспечивать сварщику специальные сухие условия, поэтому сварщик часто работает в прямых условиях мокрой сварки, то есть человек остается незаменимым звеном во всем рабочем процессе: производство или контроль выполнения сварки вблизи от сварочного процесса.

Мокрая подводная сварка подразумевает выполнение процессов непосредственно в воде без какого-либо изоляционного барьера между человеком и водой, сварочной ванной, электрической дугой, присадочным материалом и т.п..

На основании изученных особенностей технологии подводной сварки разработана общая схема визуализации участка процесса электродуговой мокрой сварки под водой (рисунок 4).

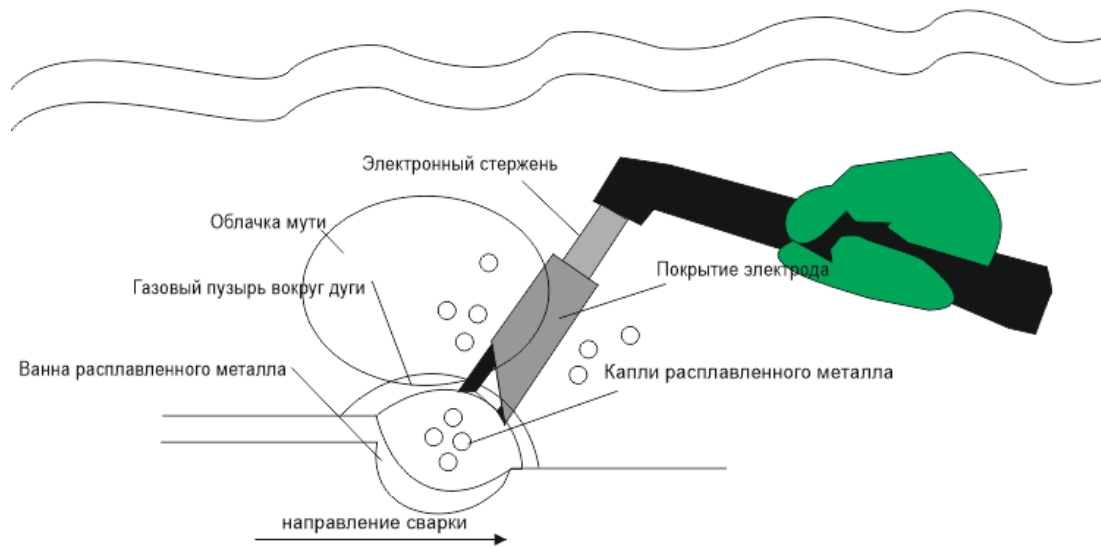


Рисунок 4 – Общая схема визуализации участка процесса электродуговой мокрой сварки под водой

Анализ условий процесса подводной сварки мокрого типа позволил выделить следующие основные компоненты, которые формируют комплексное воздействие на человека, кроме прямых условий водолазных работ:

- интенсивные тепловыделения;
- интенсивные газовыделения.

Анализ физико-химических компонент процесса сварки позволил систематизировать состав, структуру сварочного дыма и его влияние на человека, представленные в таблице А.1 в Приложении А [8, 36, 37].

Интенсивные тепловыделения как компонент опасных воздействий производственной среды формирует вместе с газовыми компонентами специальную систему, в которой подводный сварщик находится в течение времени производственного процесса.

Учитывая то, что плотность воды выше в 775 раз плотности воздуха, тело человека, находящегося в воде, испытывает давление от веса столба воды и в целом комплекс опасных и вредных факторов труда подводного сварщика, который систематизирован и представлен на рисунке 5 [38].

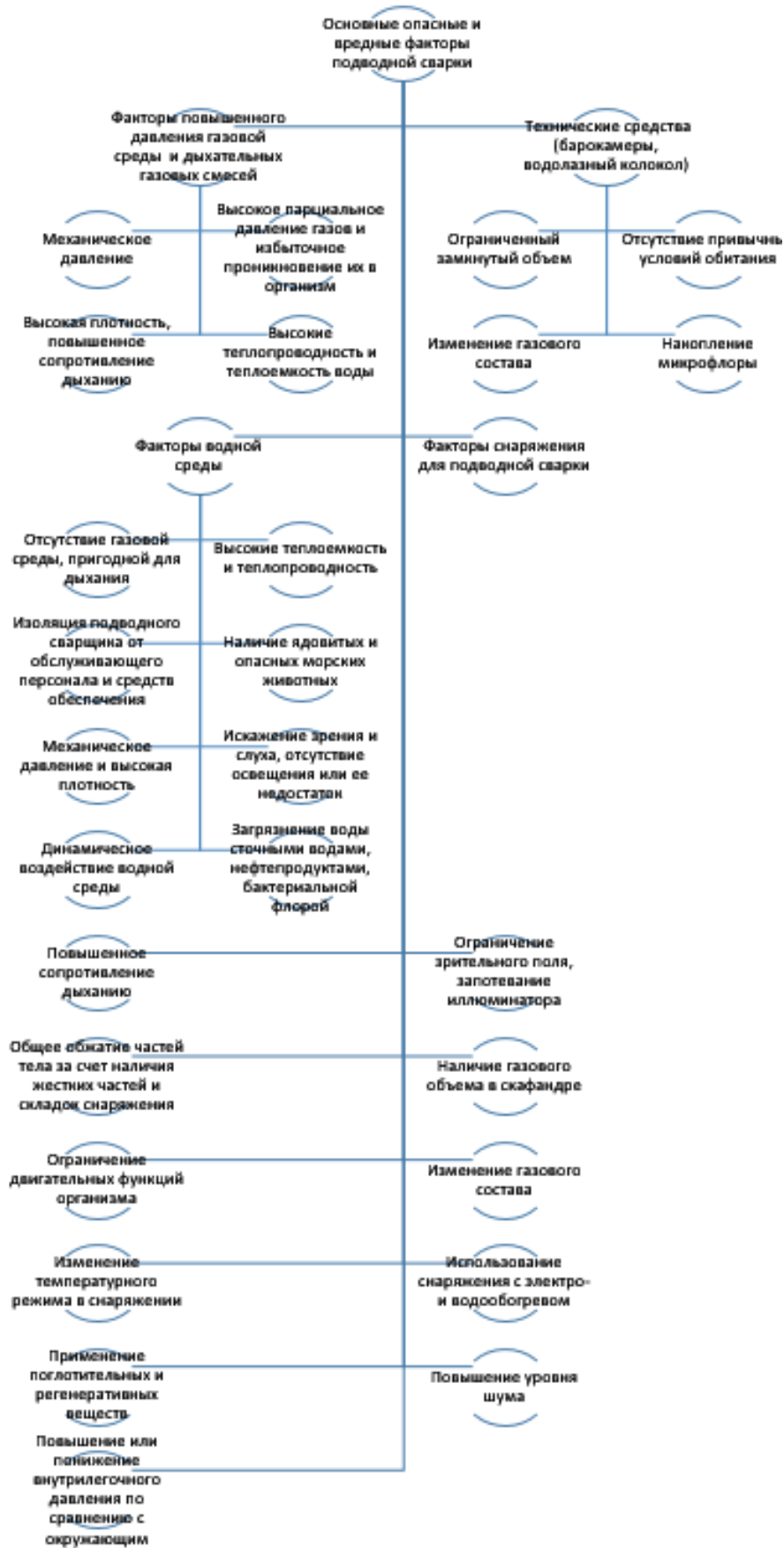


Рисунок 5 – Комплекс опасных и вредных факторов труда подводного сварщика

Анализ и систематизация результатов исследования системы «человек – сварочный процесс – подводная среда» позволили выявить ключевые компоненты воздействия на человека:

- термические высокотемпературные риски со стороны частиц горячего металла;
- повышенное давление водной среды и его перепады;
- воздействие агрессивной газовой среды под водой;
- влияние температуры воды на организм человека;
- дезориентация в водном пространстве по причине невозможности определения направления звуковой волны (звук в воде распространяется со скоростью 1500 м/с [39–40], функция слухового анализатора во время пребывания водолаза под водой изменяется в связи изменением соотношения между воздушной и костной проводимостью звуковых волн к внутреннему уху, а также с изменением скорости распространения звука в воде), а также ухудшения видимости, цветоощущения [39–42].

На основе выделенных ключевых компонент среды работы подводного сварщика были выявлены соответствующие им непосредственные факторы и риски среды (X_n), влияющие на человека под водой, которыми являются:

- X1 – непривычные (неестественные) условия обитания;
- X2 – термические риски ожогов (воздействие горячих капель расплавленного металла);
- X3 – риски дезориентации в водном пространстве;
- X4 – гидростатическое давление;
- X5 – ограничение для движений человека «на локальном месте»;
- X6 – термические риски переохлаждения;
- X7 – высокая теплоемкость и теплопроводность водной среды, приводящая к ускоренному отведению биологического тепла;
- X8 – гипогравитация в водной среде;
- X9 – риски взаимодействия с опасными морскими животными;

X10 – риск воздействия вредных аэрозолей, газов и других химических продуктов технологии сварки;

X11 – ограничение пространства перемещений;

X12 – риски неисправности специального снаряжения системы обеспечения дыхания и безопасной компрессии.

Представленная выше номенклатура факторов и рисков, влияющих на человека в условиях производственных процессов подводной сварки, сформирована на основе литературного анализа и практического опыта специалистов сварочного производства, которые были дополнительно обследованы методами анкетирования и интервьюирования. Однако, в связи со значительным перечнем представленных факторов и рисков, для проектирования одежды важно установить приоритетные из них, определяющие в дальнейшем главные защитные свойства как гидроодежды сварщика, так и его собственное самочувствие, безопасность, работоспособность. С этой целью было выполнено априорное ранжирование факторов системы «человек – сварочный процесс – подводная среда» с использованием метода экспертной оценки и последующей обработкой методами математической статистики.

Главным условиям, предъявляемым к экспертам, являются профессиональная квалификация и информированность по обсуждаемому вопросу, заинтересованность в результатах экспертизы. Заполняя анкету, специалист-эксперт определяет место факторов в ранжированном ряду. Фактору, которому отводится ведущая роль, присваивается первое место, остальные располагаются в порядке убывания степени их влияния на выбранный параметр. Результаты опроса специалистов представляют в виде матрицы рангов. Число экспертов составило $m=8$ человек.

Методика проведения исследования представлена в Приложении Б.

Результаты полученных данных в процессе априорного ранжирования факторов, представленных в таблице Б.1 (Приложение Б), позволили установить (при достаточно высокой степени согласованности экспертов – коэффициент конкордации $W=0,79$) наиболее значимые факторы исследованной системы

«человек – подводная среда – сварочный процесс», определяющие в наиболее значимой мере комплексный показатель «состояние, эффективность, безопасность сварщика под водой и уровень защиты его спецодежды» (рисунок б).

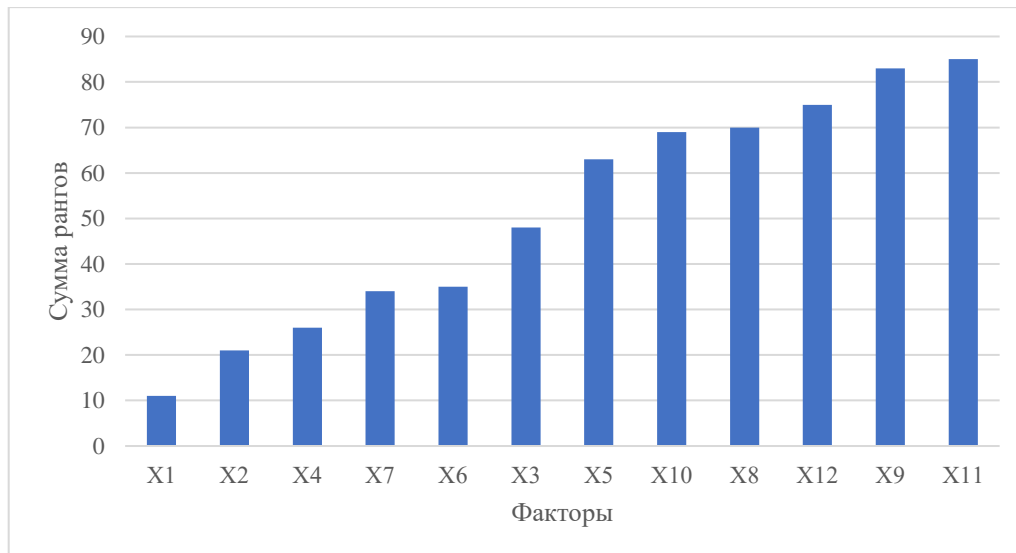


Рисунок б – Диаграмма рангов факторов, определяющих комплексный показатель «состояние, эффективность, безопасность сварщика под водой и уровень защиты его спецодежды»

Представленная диаграмма позволила выявить неравномерное распределение степеней влияния факторов. Больше других влияют на исследуемый комплексный показатель факторы X1, X2, X4, X6 и X7. Остальные факторы оказывают значительно меньшее влияние, поэтому перечисленные факторы входят в фокус внимания дальнейшей работы.

Выявленные наиболее значимые для поставленных задач проектирования факторы (непривычные/неестественные условия обитания; термические риски ожогов (воздействие горячих капель расплавленного металла); гидростатическое давление; термические риски переохлаждения; высокая теплоемкость и теплопроводность водной среды, приводящая к ускоренному отведению биологического тепла), из которых «непривычные/неестественные условия обитания» и «термические риски ожогов (воздействие горячих капель расплавленного металла)» установлены как факторы первичной значимости и

влияния, что определило необходимость дополнительного анализа и учета биофизических особенностей и реакций человека на их воздействие под водой.

1.3 Биофизические особенности организма человека при сварочных работах под водой

Выявленные на предыдущих этапах работы факторы системы «человек – сварочный процесс – подводная среда» определяют функционирование всех органов и тканей человека.

Один из наиболее значимых факторов среды – гидростатическое давление. Оно формирует определенные негативные и ограничивающие жизнедеятельность человека воздействия. Существует значительное количество работ, посвященных изучению влияния гидростатического давления на человека [43–49]. На рисунке 7 представлена зависимость гидростатического давления от глубины погружения человека.

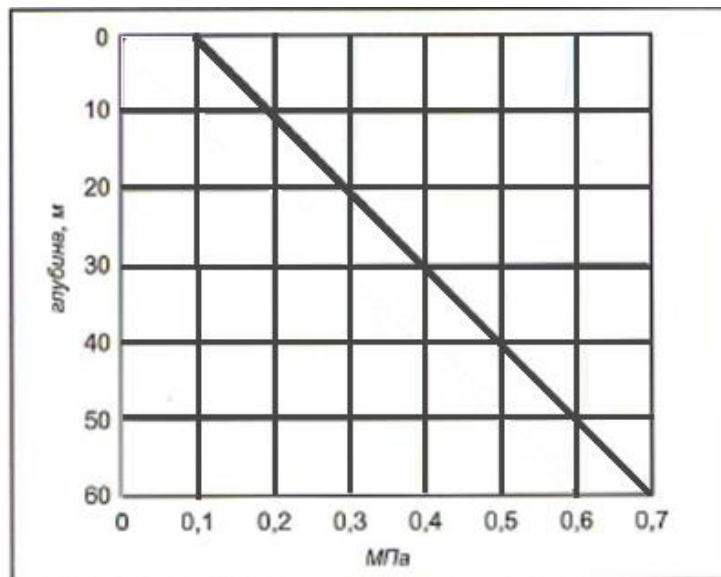


Рисунок 7 – Зависимость гидростатического давления от глубины погружения человека [48]

Представленная зависимость позволяет установить, что гидростатическое давление воды на человека значительно увеличивается с глубиной погружения, приводя на глубине 20 м. к давлению до 0,3 МПа.

При этом следует учесть, что для человека в условиях полного погружения под воду существуют ограничения на допустимое гидростатическое давление [43], поэтому погружение водолаза для выполнения сварочных работ без искусственно созданных сухих условий и защитных конструкций ниже, чем 80 метров, не рекомендуется и не практикуется. Интервал возможного воздействия на человека гидростатического давления при выполнении подводных сварочных работ рассматривается в диапазоне от 0,1 МПа до 0,9 Мпа [43–49].

Реакции человека на неравномерное гидростатическое давление проявляются следующим образом: сужение кровеносных сосудов ухудшение кровообращения, приводящее к быстрому охлаждению нижних конечностей (снижению кожной чувствительности); гемостаз; нарушения, связанные с гемодинамикой и поддержанием кровотока, включая отеки, кровоизлияния, тромбоз, эмболию, инфаркт и шок [50–52].

Ряд авторов отмечают специфическую реакцию сердечно-сосудистой системы после дайвинга, которая выражается в снижении частоты сердечных сокращений, увеличении общей мощности спектра, возрастание тонуса, как симпатической, так и парасимпатической вегетативной нервной системы. Это свидетельствует о преобладании парасимпатического отдела вегетативной нервной системы над симпатическим.

При погружении под воду происходит изменение функционирования сердечнососудистой системы человека. Это связано с ростом внешнего давления. Величина столба воды, оказывающего давление на верхнюю часть тела, всегда будет меньше столба воды, действующего на нижнюю его часть. Таким образом, разница давлений в самой верхней и самой нижней точках погруженного под воду и стоящего вертикально человека составляет 0,15–0,20 бар.

По мере погружения в холодную воду значительно увеличивается центральный объем крови, в более теплой воде данный эффект может и не

наблюдаться, либо же он незначителен. Вследствие увеличения центрального объема крови во время погружения, происходит снижение общей и жизненной емкости легких на 6–9 %, при этом уменьшаются растяжимость легочных капилляров на 21–37 %.

Типичная реакция сердечно-сосудистой системы на погружение в воду и воздействие повышенного давления – это уменьшение частоты сердечных сокращений, понижение максимального и повышение минимального артериального давления, снижение пульсового давления. Наблюдаются при этом также замедление скорости кровотока, уменьшение количества циркулирующей крови, ударного и минутного объема крови.

Реакции человека на тепловые воздействия водоема на разной глубине обеспечены в значительной мере механизмами кровотока в его теле [43–52].

Кровообращение человека под водой имеет свои особенности. При вертикальном положении человека в воде, независимо от глубины погружения, его стопы будут испытывать гидростатическое давление на 17 кПа больше, чем голова. При горизонтальном положении тела в воде разность гидростатического давления на грудь и спину невелика – всего 2–3 кПа и нагрузка на сердце возрастает незначительно [53–55].

Согласно данным [50], туловище во время подводной активности также меняет свое нормальное положение. Позвоночник теряет свои нормальные искривления: дорсальное искривление уплощается, а поясничное искривление, особенно на уровне крестца, акцентируется. В таком положении мышцы спины идут в гипертонусе, а также в этом случае костюм имеет тенденцию дополнительно фиксировать положение человека, поскольку он оказывает направленное сжатие на его тело. Поясничная область особенно напряжена во время погружения, так как именно здесь расположен балластный пояс. Чтобы избежать перегрузок поясничной области и последующей боли, важно иметь хорошую плавучесть в погружении, избегая U-образного положения. Во время плавания стопа переходит в максимальное сгибание, достигающее угла 45° [53–55]. Для выполнения этого движения подколенные сухожилия ноги (икры) подвергаются напряжению,

которые будут наиболее задействованы после длительных погружений, особенно если действия направлены против течения.

При этом воздействие водной среды на человека не ограничено гидростатическим давлением. Вода на разной глубине имеет разную температуру, которая представляет важнейший компонент для поддержки гомеостаза человека [56].

В таблице В.1 в Приложении В приведены параметры температуры воды на разной глубине водоемов с разной соленостью, которые необходимо учитывать в системе проектирования термозащитной гидроодежды. Кроме того, данный параметр вошел в группу наиболее значимых для достижения качественного комплексного показателя проектирования – эффективной защиты одежды и общей эффективности работы человека в гидрокостюме при подводной сварке).

Исходя из рассмотренных выше интервалов допустимого гидростатического давления и, соответственно, глубины работ при подводной сварке, наиболее актуальной температурой среды можно рассматривать интервал от 6 до 12°C зимой и от 12 до 25 °C летом. При этом вода, в отличие от воздуха, имеет повышенную в 30 раз теплопроводность (0,603 Вт/м·°C при температуре +20°C), которая определяет высокий теплоотвод собственного тепла человека и тепла других нагретых предметов и материалов [57, 58, 59].

Подводные сварщики сталкиваются с рядом термических опасностей в процессе выполнения работ, включая искры и брызги горячего металла, температура которых может достигать 2600,0 °C), вылетающие из сварочной дуги (температура которой может достигать от 3593,33 °C до 5537,78 °C [60]), а также горячее оборудование. Термическое контактное воздействие от таких горячих частиц металла, превышающее температуру плавления оболочки гидроодежды, которая определяется свойствами традиционных для гидроодежды вспененных материалов и составляет в среднем 40–100 °C [60], является причиной возникновения на поверхности гидроодежды прожогов или сквозных отверстий, что приводит к возникновению ожогов кожных покровов человека.

Причины ожогов обычно классифицируются как тепловые, электрические, химические или радиационные. Четыре типа распространенных ожогов, испытываемых сварщиками, включают [61, 62] :

- термические ожоги (воздействие интенсивного тепла, которое генерируется огнем, вспышкой бомбы, горячими жидкостями, горячими твердыми телами);
- электрические ожоги (электрический ток, проходящий через ткани или поверхностную рану, вызванную электрической вспышкой, вызывает электрические ожоги);
- химические ожоги (химические ожоги, как правило, вызваны прямым химическим разрушением тканей организма);
- радиационные ожоги (являются результатом длительного воздействия ультрафиолетового излучения, могут развиваться ожоги первой и второй степени).

В соответствии с ГОСТ Р 51337 были определены ожоговые пороги в зависимости от температуры воздействия [63], которые представлены в таблице В.2 в Приложении В.

На основе изучения и систематизации биофизических особенностей организма человека при сварочных работах под водой была разработана общая схема, описывающая условия термомеханических повреждений гидроодежды под водой и реакцию человека на температурные воздействия сварочных частиц металла (рисунок 8).

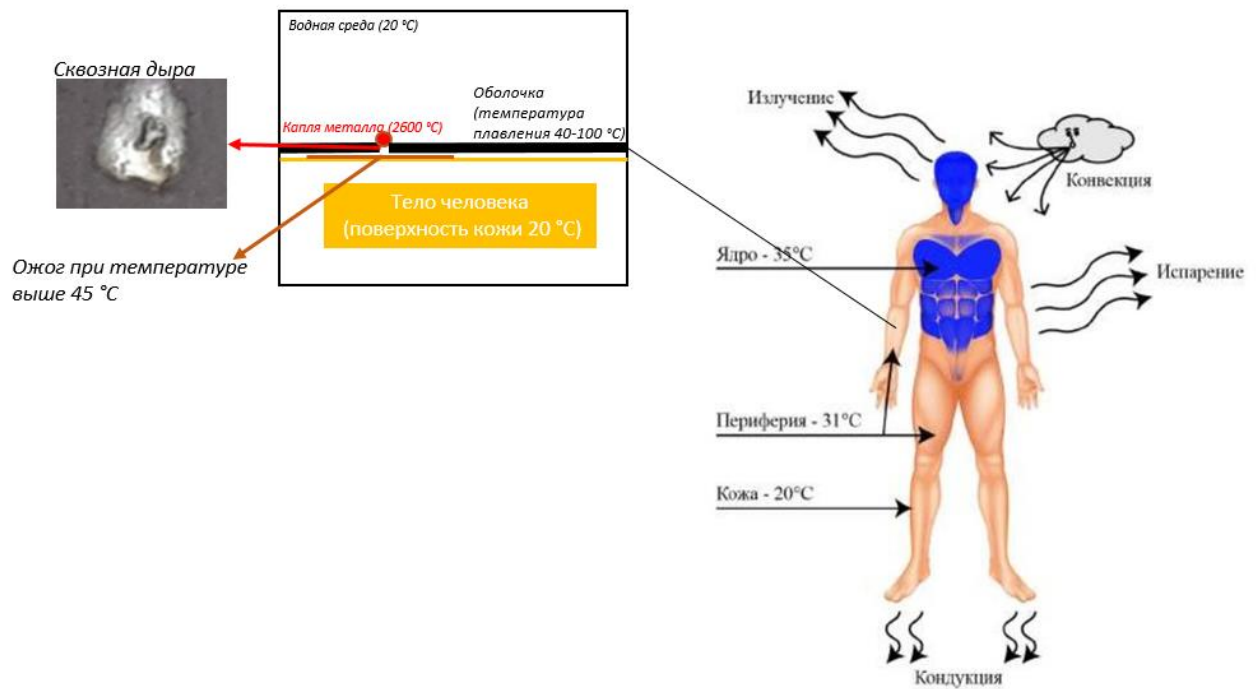


Рисунок 8 – Схема термического воздействия сварочных процессов на человека

На основе выявленных связей между внешними воздействиями и биофизическими реакциями человека на них разработана комплексная схема системы функционирования организма человека в условиях подводной дуговой мокрой сварки, которая представлена на рисунке 9.

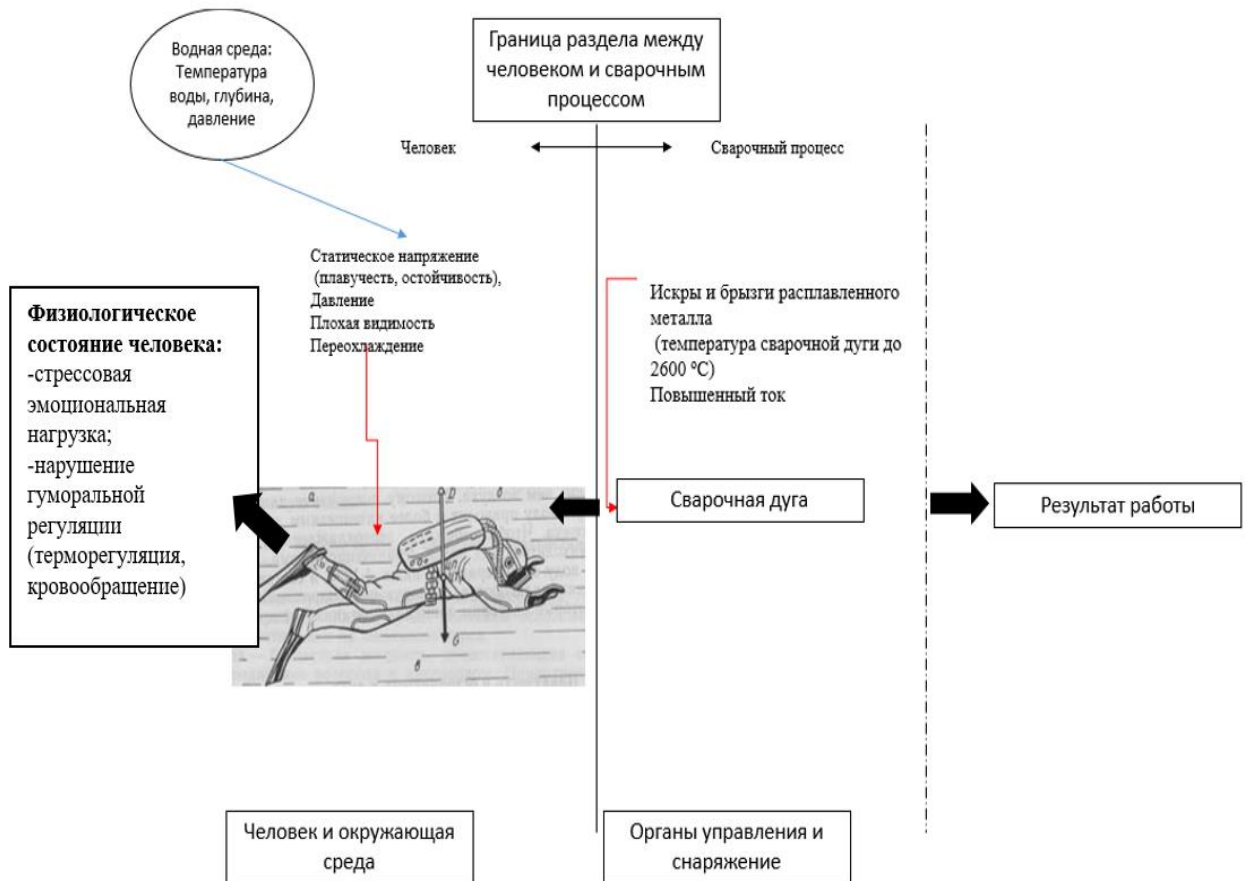


Рисунок 9 – Комплексная схема системы функционирования организма человека в условиях подводной мокрой дуговой сварки

В разработанной комплексной схеме системы функционирования организма человека в условиях подводной мокрой дуговой сварки рассмотрены физиологические особенности адаптивных реакций человека на воздействие факторов подводной сварки и условий водной среды: выявлены нарушение гуморальной регуляции (нарушение кровообращения, нестабильная терморегуляция), гидростатическое давление, количественные характеристики термических воздействий. Описанные условия внешней среды представляют важный компонент для процессов определения защитных характеристик и параметров одежды сварщика, особенности и критерии проектирования которой требует дополнительных исследований.

1.4 Обоснование требований к спецодежде для подводной сварки

Анализ современной системы обеспечения спецодеждой подводных сварщиков показал, что спецодежды, специально утвержденной и определенной комплектом требований к швейному изделию для данной профессии, не существует. Применяемая одежда для условий подводной сварки в настоящее время как в России, так и в мире, рассматривается как одежда для водолазов, что позволяет только частично учитывать условия труда сварщика под водой.

В России основные требования к костюмам, используемым в качестве специальной одежды водолазов, регламентируются следующими нормативными документами: РД 31.84.01-90. Единые правила безопасности труда на водолазных работах [3], Международный кодекс по спасательным средствам (Кодекс ЛСА) [9], НД № 2-020101-096 Правила по оборудованию морских судов [10], СНиП 3.07.02-87 Гидротехнические морские и речные транспортные сооружения [11], в соответствии с которыми такая одежда не должна препятствовать движениям работника (давать возможность легко поднимает руки, выполнять движение ног, сгибать их в суставах, при этом не образовывая складок на своей поверхности). Поэтому в проектировании гидрокостюма для подводного сварщика в качестве основы конструкции целесообразно рассматривать изделие прилегающего силуэта малого объема с высокими показателями динамических эффектов во время движений человека.

Согласно [9–11], «конструкция гидрокостюма должна обеспечивать надевание и снятие человеком в течение 2 минут, закрывать 90 % тела, за исключением лица. После прыжка человека в воду с высоты не менее 4,5 м в костюме не должно попадать чрезмерное количество воды, обеспечивая заплыв на расстояние не менее 25 м. Способность забираться самостоятельно на спасательный плот или жесткую платформу над водой на 300 мм; беспрепятственный подъем и спуск по вертикальному трапу длиной не менее 5 м;

проход через стандартные корабельные люки, предназначенные для прохода людей».

В соответствии с [9–11] гидрокостюм водолаза должен обеспечивать такой уровень теплоизоляции, при котором параметры тела человека будут соответствовать следующим критериям:

– ректальная температура тела человека не должна понижаться более чем на 2 °С в течение 6 часов в циркулирующей воде с температурой до + 2°С при благоприятных погодных условиях: скорости течения воды до 0,5 м/с и волнении – не более 2 баллов на глубине до 12 м., видимости под водой не менее 5 м.

Требования, предъявляемые к материалам гидрокостюмов для подводных работ [9]:

– водонепроницаемость (в течение 1 часа костюм не должен пропускать более 500 г воды);

– плавучесть, которая не должна уменьшаться более чем на 5 % после погружения специалиста в пресную воду на срок 24 ч [9];

– высокая эластичность.

Учет влияния на подводного сварщика горячих капель металла с вытекающими термическими рисками для человека в действующей нормативно-технической документации не отражен, поэтому нормальное функционирование человека в условиях воздействия воды с часто охлаждающим для тела человека эффектом в сочетании с рисками высоких температур во время сварочного процесса возможно за счет применения новых специальных средств индивидуальной защиты, учитывающих данную противоречивую систему с применением новых научно-технологических решений.

Для защиты сварщиков-водолазов от воздействия брызг расплавленного металла, искр и окалины в воде в результате представленных исследований разработаны системные требования которые представлены на рисунке 10.

Функциональные требования	→	Защита от негативных факторов внешней среды: водная среда, отходы сварочной дуги, общая теплоизоляция, защита от термомеханических повреждений в воде
Эргономические требования	→	Высокая эластичность материалов, костюм не должен затруднять движение, снижение работоспособности дайвера
Антропометрические требования	→	Соответствие размеру-росту человека
Гигиенические требования	→	Влагостойкость, влагоустойчивость, теплозащита
Эксплуатационные требования	→	Устойчивость одежды к трению, сминанию, разрыву, изгибу, надежность, долговечность, износостойчивость, устойчивость к прожугу, общая теплоизоляция, защита от термомеханических повреждений в воде
Производственные требования	→	Технологичность конструкции швейного изделия
Экономические требования	→	Экономия материалов и уменьшение трудоемкости обработки изделий

Рисунок 10 – Новые комплексные требования к спецодежде для подводных сварщиков

На основе разработанного комплекса требований к спецодежде для подводных сварщиков и результатов исследований их эргономических поз, биофизических особенностей функционирования организма человека под водой, разработан комплекс параметрических критериев для основных требований к спецодежде подводных сварщиков, представленных в таблице 2.

Таблица 2 – Критерии обеспечения требований к спецодежде для подводной сварки [9–11, 63, 64]

№пп	Параметр одежды / тела человека	Критерий	Единицы измерения	Обеспечение требований
1	Удельный тепловой поток (средний) с поверхности тела человека	В среднем 163	Вт/м ²	Гигиенические требования
2	Допустимая температура контакта с поверхностью кожи человека	Не более 45	°С	Эксплуатационные требования
3	Допустимая толщина оболочки гидроодежды	Рекомендуется не менее 0,009	м	Функциональные требования
4	Допустимая прочность материала	Не менее 70	Н	Функциональные требования
5	Допустимый процент относительного удлинения основного материала гидроодежды	Рекомендуется не менее 600	%	Эргономические требования
6	Допустимая влагостойкость оболочки гидроодежды	Не менее 3000	мм водяного столба	Гигиенические требования

Разработанные требования и критерии к ним показали, что терморегуляция человека ограничена, а термическая безопасность человека на всей поверхности тела требует применения специального снаряжения, способного изолировать его от воды и прямых механических и термических повреждений, обеспечивать общую теплоизоляцию в случае охлаждающего воздействия воды, а локальные зоны – от термических рисков контакта с частицами горячего металла. Это является обоснованием требований к необходимому новому уровню комплексных защитных свойств спецодежды подводного сварщика, что требует системного подхода и учета современных передовых гидрокостюмов и материалов для них, которые являются опорными для дальнейших исследований, научных и проектных решений.

1.5 Анализ современных гидрокостюмов и материалов, применяемых в условиях подводной сварки

В настоящее время доля отечественных производителей гидроодежды ежегодно увеличивается (более 80 %) [16], продукция которых пользуется широким применением у потребителей России. В типовой одежде для водолазов, которая представляет пока основной вид спецодежды подводных сварщиков, выделяют три типа гидрокостюмов: 1 – «мокрые», 2 – «сухие», 3 – «полусухие» [3, 9–11, 16].

«Мокрый» гидрокостюм производится из материалов на основе вспененной резины (в том числе материалы типа «неопрен») и полностью облегает поверхность тела человека. «Полусухой» – промежуточный тип гидрокостюма. Для таких костюмов характерен анатомический крой, что позволяет обеспечить плотное облегание тела водолаза. Еще одной особенностью таких костюмов является наличие водонепроницаемой застежки – «молнии» и обтюрация конечностей, обеспечиваемая за счет обтюратов (уплотнители манжеты гидрокостюма дайвера

внизу деталей брюк – на щиколотках, рукавов – на запястьях, и на горловине, предназначенные для уменьшения попадания воды под одежду при погружении в воду). Вода, проникающая через манжеты и молнию, образует тонкий слой между телом и материалом костюма, который нагревается теплом человеческого тела, являясь теплоизолятором [3, 9–11, 16].

«Сухой» гидрокостюм состоит из водонепроницаемой герметичной оболочки из вспененных материалов на резиновой основе, под которой находится теплоизоляционный слой из дополнительной сухой одежды. Теплоизоляция обеспечивается слоем воздуха внутри водонепроницаемого костюма, что позволяет его использовать в холодной (до 2 °С) воде [9–11].

Анализ функциональных и эксплуатационных особенностей представленных типов гидрокостюмов применительно к условиям выполнения подводной сварки показал, что максимальный охват возможных условий труда, когда доступ к свариваемому шву металлоконструкции часто имеет большие ограничения пространства, приводит к невозможности применять громоздкие дополнительные технологические конструкции и, соответственно, невозможности зачастую использовать «сухие» и «полусухие» костюмы, функционирующие в условиях изолированных сварочных боксов. Для широкого же круга задач подводной сварки костюмы «мокрого» типа являются более универсальными и перспективными для дальнейшего развития и специализации защитных и функциональных свойств.

Костюмы «мокрого» типа в сравнении с другими типами гидрокостюмов характеризуются большей динамикой в движении и возможностью выполнения человеком сварочных работ в различных трудовых позах в местах трудной досягаемости [65].

Для выявления современных достижений в сфере проектирования и производства гидроодежды, применяемой сварщиками, работающими под водой, проведен соответствующий анализ литературы и рыночных предложений.

Систематизация вариаций конструктивных решений современных моделей гидрокостюмов представлена в таблице 3 [66–87].

Таблица 3 – Типизация конструктивных решений гидрокостюмов

Конструктивное решение изделия	Характеристика	Тип
Комбинезон	Полностью покрывается все тело, а в некоторых случаях и голову за счет встроенного капюшона. Открытыми остаются стопы и кисти рук.	Монолитный
Укороченный комбинезон	Модификация комбинезона, брюки длиной до середины бедра, с длинными рукавами или с рукавами до середины локтя, подходит исключительно для плавания и спортивных тренировок в теплой воде с невысоким фактором опасности.	Монолитный
Костюм	Состоит из двух частей: полукомбинезон и куртка на застежке-«молния» с длинными рукавами и капюшоном. В паховой области расположена застежка-кнопка для крепления куртки поверх основного полукомбинезона (ориентировано на сохранение тепла).	Раздельный
Комбинированный костюм	Возможны различные сочетания перечисленных выше вариантов	Раздельный / монолитный

С целью выявления основных преимуществ между раздельными и монолитными костюмами был проведен их функциональный анализ по ряду показателей, результаты которого представлены на рисунке 11 [66–87].



Рисунок 11 – Систематизация преимуществ раздельных костюмов над монолитными

Анализ полученных результатов [66–87], представленных на рисунке 11, позволяет обосновать применение отдельных гидрокостюмов: за счет двухслойности в области туловища человека – лучше сохраняется тепло; свободы движений при небольшой длительности пребывания на глубине; удобного надевания с помощью специальных конструктивных решений (молнии на рукавах и щиколотках, хлястик в области паха).

Сравнительный анализ моделей костюмов, которые в настоящее время доступны на рынке гидроодежды и применяются при работе подводных сварщиков, проведен с учетом встречаемости конструктивных элементов в этих моделях. В ходе исследования проанализировано 35 моделей гидрокостюмов значимых представителей (производителей) мирового рынка гидроодежды, соответствующих требованиям к общим защитным свойствам, которые представлены в Приложении Г [66–87]: Scorpena/Россия (костюм, состоящий из куртки+полукомбинезона, из неопрена с двусторонним нейлоновым покрытием); O.M.E.R./Италия (костюм, состоящий из куртки+полукомбинезона, из неопрена, куртка с втачным капюшоном); Beuchat/Франция (костюм, состоящий из куртки+полукомбинезона, из неопрена «Elaskin x 8.2»); Oceanic/США (комбинезон из лайкры, отрезной по линии талии); Lycra hotskin/США (комбинезон из лайкры); Aqualung/США/Италия/Франция (комбинезон со встроенным капюшоном из неопрена с внутренним покрытием «с начесом»); Marlin/Украина (костюм, состоящий из куртки+полукомбинезона, из неопрена Sheiko, куртка с втачным капюшоном), Pinnacle/США (комбинезон из неопрена «Yamamoto-38»); Scorpena/Россия (костюм, состоящий из куртки+полукомбинезона, из неопрена «Yamamoto-38» с внешним лайкровым покрытием); Mystic/Голландия (комбинезон, отрезной по линии талии из неопрена «M-Flex-2.0»); Sporasub/Италия (костюм, состоящий из куртки+полукомбинезона, из неопрена с двусторонним нейлоновым покрытием); Salvimar/Италия (костюм, состоящий из куртки+полукомбинезона, из неопрена с двусторонним нейлоновым покрытием); Sargan/Россия (костюм, состоящий из куртки+полукомбинезона, из неопрена с двусторонним нейлоновым покрытием); AquaDiscovery/Россия (костюм,

состоящий из куртки+полукомбинезона, из неопрена с двусторонним нейлоновым покрытием); WaterProof/Швеция (комбинезон из лайкры, отрезной по линии талии из лайкры); Aqua Sphere/Италия (комбинезон из неопрена «Yamamoto-40», отрезной по линии талии на передке); Henderson/США (комбинезон с укороченными брюками) из неопрена «Thermoprene» с технологией LYCRA); Vare/Канада/Мальта (комбинезон, отрезной по линии талии из неопрена); Mares/Италия (костюм, состоящий из куртки с капюшоном+полукомбинезона, из неопрена 5 мм), Pinnacle/США (комбинезон, отрезной по линии талии из неопрена); CRESSI/Италия (костюм, состоящий из куртки+полукомбинезона, из неопрена «Ультраспанк»); Seas Sub Race/Италия (костюм, состоящий из куртки+полукомбинезона, из неопрена); BS Diver Ultrablack/Украина (костюм, состоящий из куртки с втачным капюшоном +полукомбинезона, из неопрена «Sheico S»); O'Neill/США (комбинезон, отрезной по линии талии на спинке, из неопрена «UltraFlex»); JOBE Sports International/Китай (комбинезон, отрезной по линии талии на спинке, из неопрена, мягкие подкладки в области груди); Тут/Вьетнам (комбинезон из неопрена); Zone3/Великобритания (комбинезон из неопрена «Yamamoto-4-SCS», внутренняя подкладка Silk-Fit); Orca/Новая Зеландия (комбинезон, отрезной по линии талии на спинке, из неопрена); Aquadiscovery/Россия (костюм, состоящий из куртки с втачным капюшоном +полукомбинезона, из неопрена); SAILFISH/Германия (комбинезон, отрезной по линии талии на спинке, из неопрена «Nano Space Cell-2»); BUNI/Россия (костюм, состоящий из куртки с втачным капюшоном +полукомбинезона, из неопрена); NEOPRO/Франция (костюм, состоящий из куртки+полукомбинезона, из неопрена); SUBEA/Франция (костюм, состоящий из куртки+полукомбинезона, из неопрена); Epsealon/Франция (костюм, состоящий из куртки+полукомбинезона, из неопрена); Slinx/Китай (костюм, состоящий из куртки+полукомбинезона, из неопрена).

Факты встречаемости одноименных конструктивных элементов в изучаемых моделях суммировались, на основании результатов исследования определялись преобладающие элементы для всех моделей специальной одежды такого вида.

На рисунке 12 представлен результат математической обработки данных по изученным 35 моделям гидрокостюмов [66–87].

При анализе часто встречаемых моделей гидрокостюмов «мокрого» типа было установлено, что среди таких костюмов преобладают комплектации: куртка + полукombineзон (54,3%), изготавливаются из материалов условного типа «Тур А» (представлено далее в таблице 4), что направлено на дополнительную термоизоляцию за счет двойного слоя плотного облегающего туловища человека. Куртка с капюшоном (51,2 %), изготавливается из материалов «Тур А». Нижний срез спинки с хлястиком через пах с застежкой на две клипсы спереди (54,3 %), изготавливаются из материалов «Тур А, Б» (таблица 4). Рукава куртки покроя реглан (94,3 %), изготавливаются из материалов «Тур А». По лицевому вырезу капюшона, низу рукавов и брюк притачные обтюраторы (50,6 %), изготавливаются из материалов «Тур В» (таблица 4). Отрезные нижние части рукавов в области локтя (51,4 %) и брюк в области колен изготавливаются из материала, устойчивого к механическим воздействиям (57,1 %), изготавливаются из материалов «Тур Г» (таблица 4).

Для выявления современных материалов, применяемых в качестве обозначенных выше типов и соответствующих деталей конструкции гидроодежды были изучены современные предложения готовой гидроодежды и отдельно разработки современных материалов для них. В таблице 4 представлены основные характеристики соответствующих материалов, применяемых в настоящее время в производстве гидрокостюмов, эксплуатируемых в условиях подводной сварки.

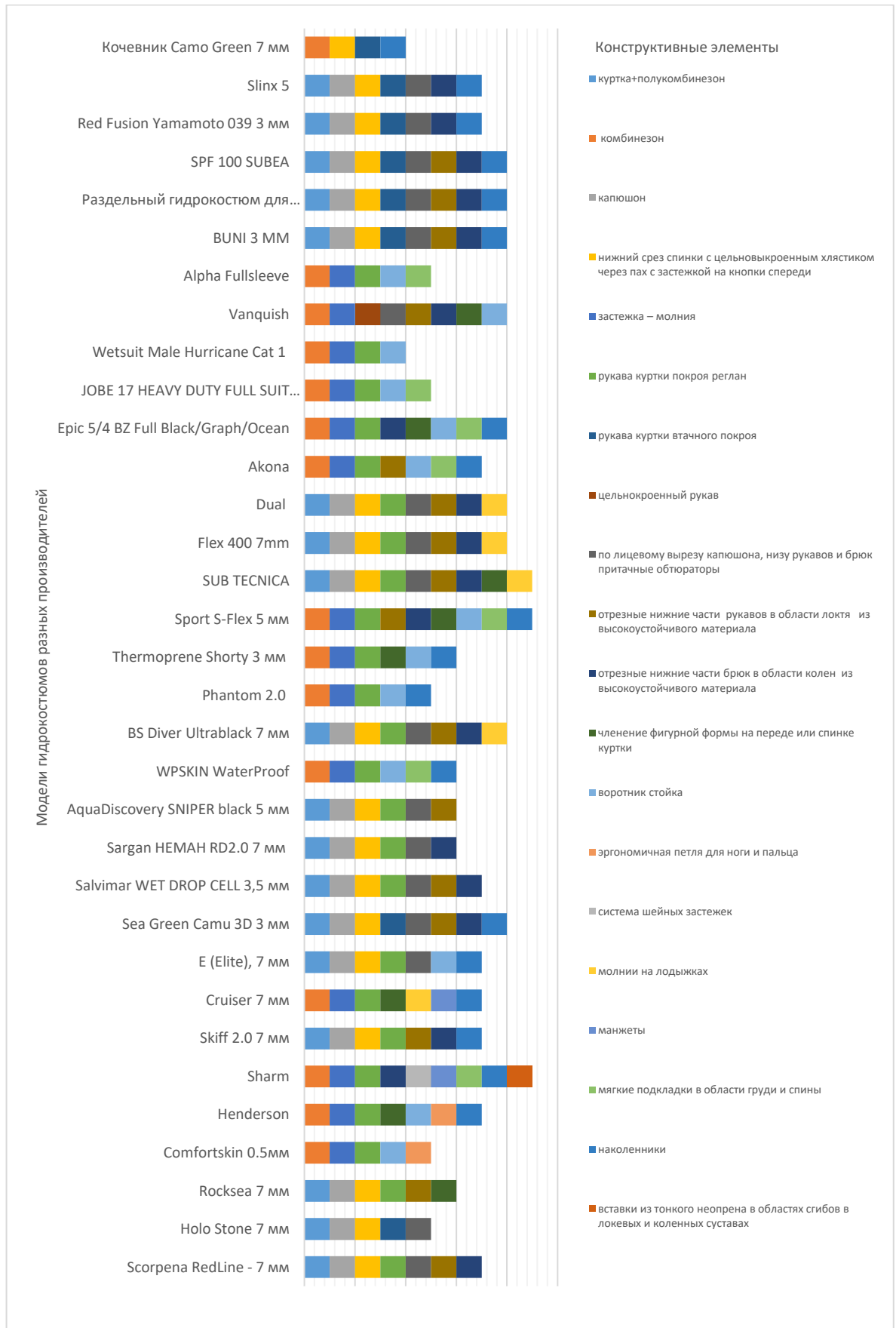


Рисунок 12– Систематизация конструктивных элементов, преобладающих в современных моделях гидрокостюмов

Таблица 4 – Основные характеристики по типам материалов, применяемых в производстве современных гидрокостюмов, эксплуатируемых в условиях подводной сварки

№п п	Тип материала «Тур»	Назначение	Детали / участки конструкции гидрокостюма	Основные полезные свойства	Недостатки
1	«Тур А»	Барьерная защита от условий внешней среды	Отрезные части перед и спинка куртки, капюшон, передние и задние половинки брюк, детали рукавов	Формоустойчивость <ul style="list-style-type: none"> • Водонепроницаемость. • Теплоизоляционные свойства • Устойчивость к соленой воде. • Химостойкость. • Гибкость. • Эластичность. 	Низкая прочность
2	«Тур Б»	Для соединения различных элементов одежды	Отрезные части перед и спинка куртки	Возможность установки на плотные материалы (большой толщины)	Средняя прочность крепления
3	«Тур В»	Для изоляции от условий внешней среды	Детали рукава, детали брюк	Предотвращение попадания воды под костюм	-
4	«Тур Г»	Для обеспечения дополнительной защиты от воздействия внешних условий	Детали рукава, детали брюк	Формоустойчивость <ul style="list-style-type: none"> • Водонепроницаемость. • Устойчивость к соленой воде. • Химостойкость. • Прочность 	Ухудшение растяжимости

Анализ полезных свойств и недостатков материалов, применяемых для различных по функциональности участков и деталей конструкции гидрокостюма, показал, что часть поверхности гидрокостюма для защиты человека от механических и термических рисков требует усиленной защиты.

Решить проблему низкой устойчивости к термическим и механическим воздействиям и повысить срок эксплуатации костюма, сохраняя нормальную эргономику и мобильность человека в нем, возможно комплексным сочетанием конструктивных способов получения поверхности одежды и обоснованным

применением / распределением специальных защитных материалов с локальными эффектами в необходимых зонах одежды. Особое значение для получения барьерной защиты и устойчивости к эксплуатационному износу имеют дополнительные накладки.

Систематизация данных о конструктивных решениях специальной одежды, применяемой для подводных сварщиков, на основе коллекций наиболее известных производителей в России и за рубежом, позволила определить наиболее распространенные варианты применения и размещения дополнительных вставок-накладок в одежде такого применения (таблица 5) [66–87].

Таблица 5 – Конструктивные решения дополнительных защитных вставок-накладок в современных гидрокостюмах «мокрого» типа

№ п/п	Производитель	Элементы дополнительной барьерной защиты	Источник данных
1	WaterProof/Швеция	Защитные накладки-вставки в области груди, колен	[82]
2	ScubaPro/США	Защитные накладки в области груди, колен, плеч, предплечья	[68, 71]
3	Omer/Италия	Защитные накладки-вставки в области груди, колен	[68]
4	Sargan/Россия	Защитные накладки в области груди	[72]
5	Mares/Италия	Защитные накладки в области груди	[76]
6	Mystic/Голландия	Защитные накладки-вставки в области колен	[76]
7	Oceanic/США	Защитные накладки-вставки в области колен	[70]
8	Beuchat/Франция	Защитные накладки-вставки в области колен	[69]
9	O'neill/Ирландия	Защитные накладки-вставки в области груди, колен, локтей	[87]
10	Marlin Skiff/Украина	Защитные накладки-вставки в области груди, колен, локтей	[73]

Результаты систематизации данных о вариантах размещения дополнительных защитных вставок-накладок в современных гидрокостюмах разных производителей позволили определить, что участками дополнительной защиты являются область груди, коленных и локтевых суставов. При этом

особенности положения тела и движений подводного сварщика позволяют выделить неучтенные для защиты зоны тела и одежды, требующие исследований и эргономически обоснованной дополнительной защиты. Данное направление задач требует разработки новых решений по своим функциональным свойствам и комплектации пакетов материалов, их зонированию и технологии производства.

Выводы по первой главе. Постановка задач исследования

1. В результате анализа современного состояния и основных тенденций в промышленности, где присутствуют водные конструкции или виды транспорта, выявлено активное развитие подводного сварочного производства, что требует технологий защиты человека-сварщика под водой.
2. Систематизация данных о системе охраны труда, сегментации рынка потребления типовой спецодежды и профессиональной гидроодежды позволила установить отсутствие профессиональной группы «Подводные сварщики» в номенклатуре профессий и, соответственно, принципиальное отсутствие спецодежды для данной категории специалистов, что приводит к необходимости разработки такой ассортиментной группы СИЗ, как спецодежда для подводных сварщиков.
3. Результаты анализа системы «человек – сварочный процесс – подводная среда» позволили выявить ряд негативных и ограничивающих жизнедеятельность человека воздействий, среди которых особую роль играют искры и брызги, вылетающие из сварочной дуги, обладающие термической опасностью для человека в процессе выполнения сварочных работ, начальная температура которых может достигать до 2600 С и остается опасно высокой даже при охлаждении в воде.
4. На основе выявленных связей между внешними воздействиями и биофизическими реакциями человека на них разработана комплексная схема системы функционирования организма человека в гидроодежде, впервые

учитывающая особенности жизнедеятельности в условиях подводной дуговой мокрой сварки.

5. На основе выявленных в процессе исследований приоритетных конструктивных решений современной гидроодежды установлены особенности и сформулированы новые требования, предъявляемые к конструкциям гидроодежды для подводных сварочных работ: костюм (куртка с капюшоном и полукombineзон) «мокрого» типа; нижний срез спинки куртки с хлястиком через пах с застежкой на клипсы спереди; по лицевому срезу капюшона, низу рукавов и брюк могут присутствовать обтюраторы; части рукавов в области локтя и брюк в области колен и низа из материала – с повышенной устойчивостью к механическим воздействиям. Защитные накладки с повышенной механической прочностью на участках опоры и высокого растяжения. Особенно важное требование к спецодежде для подводных сварщиков: участки поверхности, попадающие в зону вероятного прямого контакта с частицами сварочного металла под водой, должны обладать повышенной термической защитой, сохраняя при этом достаточные (эффективные) эластические свойства.

6. По результатам анализа материалов, использованных в коллекциях современной универсальной гидроодежды, применяемой для дайвинга, в том числе и при подводной сварке, установлено отсутствие необходимых специальных материалов, термически стойких для актуальных температур термических воздействий выше 100°C, при которых типовые вспененные материалы структурно разрушаются. Такие материалы должны быть одновременно достаточно эластичными с высокой механической прочностью к растяжению, что можно достичь путем создания нового комплексного материала, методов проектирования и технологических способов применения его в производстве термозащитной спецодежде подводных сварщиков.

Для дальнейших исследований необходимо решить ряд задач в соответствии с предлагаемым алгоритмом:

– определение геометрических и термических критериев для новых материалов, оболочки одежды и ее конструкции, что требует теоретического

исследования и моделирования гидротермической системы «частицы горячего металла – подводная среда – гидроодежда» с точки зрения эргономики человека и тепловых процессов в системе, что даст возможность сформулировать необходимые физико-технические параметры новых объектов разработки;

– разработка и исследование структуры материалов и полизональной оболочки защитного гидрокостюма для подводной сварки, которая позволит решить проблему разрушения одежды и рисков термических ожогов человека от горячих капель металла в воде, что требует дополнительной оценки методами моделирования;

– исследование и разработка автоматизированных процессов проектирования одежды и дополнительных средств индивидуальной защиты подводного сварщика с учетом свойств новых материалов и особенностей защитной оболочки;

– разработка процессов технологии изготовления и автоматизированного управления планом производства инновационных швейных изделий для подводных сварщиков с созданием и апробацией соответствующих инженерных решений и программных средств.

2 МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ «ЧАСТИЦА ГОРЯЧЕГО МЕТАЛЛА – ПОДВОДНАЯ СРЕДА – ГИДРООДЕЖДА СВАРЩИКА»

2.1. Эргономическое обоснование зонирования термозащитных свойств гидроодежды подводного сварщика

Поиски технологий и средств обеспечения безопасных условий труда являются ключевыми задачами многих профильных организаций в разных странах мира [87]. Сохранение стабильного функционирования и создание достаточно комфортных условий жизнедеятельности человека в сварочном производстве напрямую зависит от защитной оболочки, которая должна соответствовать размерам, форме человека как в статике, так и в динамике (то есть, быть эргономичной в специальных условиях) [88].

Важным эргономическим критерием и основным свойством высокоэластичных материалов является достаточная растяжимость – способность материала под действием нагрузок деформироваться, а после их снятия частично или полностью восстанавливаться [88]. Существует ряд научных работ, посвященных области проектирования одежды из высокоэластичных материалов, учитывающей их деформационное поведение.

В работах [89–96] рассмотрены геометрические модели материалов, которые позволяют в процессе проектирования рассчитать дифференцированные прибавки, зависящие от группы растяжимости материалов. В работах [97] деформация, возникающая в высокоэластичных материалах представлена на основе виртуального моделирования [94]. Автором разработан алгоритм проектирования одежды из высокоэластичных материалов. В исследованиях [98] представлена классификация мужских фигур, учитывающая особенности мышечной массы.

Представленные исследования не учитывают особенности эксплуатации проектируемых изделий в условиях подводной сварки.

Согласно исследованиям [99], важной основой для формирования эргономичных условий рабочего процесса являются:

- антропометрические данные, такие как размеры человеческого тела, возможности досягаемости точек рабочего процесса и мышечная сила;
- сенсорные способности человека, такие как зрение, слух, осязание и т.д.;
- двигательная активность человека;
- реакции человека на физическую среду, такую как тепло, влажность, вибрация, шум и давление;
- размеры и пространственные положения тела человека.

Ручная электродуговая сварка как на воздухе, так и под водой характеризуется динамикой движения с небольшой скоростью при напряженной рабочей позе и непрерывном наблюдении за зоной сварки, это приводит к длительным статическим нагрузкам.

Статические нагрузки при сварке зависят от массы инструмента, эргономичности и эластичности спецодежды, а также рабочей позы сварщика. Рабочая поза – координированное положение частей тела сварщика при работе в различных положениях (вертикальное, горизонтальное) – определяется расположением зоны сварки в пространстве, а также конструктивными особенностями СИЗ, инструмента, спецодежды, сварочной и организационной оснастки.

Особое внимание эргономике рабочего места уделяется в работах ученых, в которых рассматривается параметр – размер тела человека [100]. Геометрические параметры тела человека для моделирования сварочных процессов под водой представлены на рисунке 13 [99].

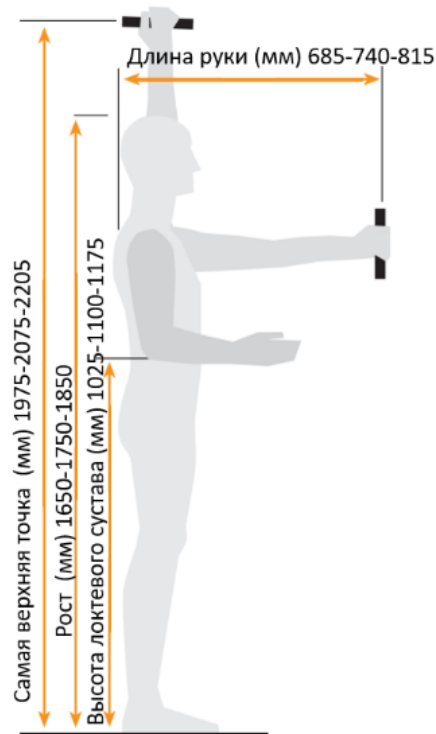


Рисунок 13 – Геометрические параметры тела человека для моделирования сварочных процессов под водой [99]

Для использования предмета рукой в процессе сварочных работ он должен быть расположен в соответствующей области захвата.

Выделяют требования, определяющие допустимую область захвата специалиста в ходе сварочного производства (рисунок 14) [99]:

- наиболее благоприятный способ движения предплечьями – дугообразные движения, при опущенных плечах или поднятых локтях предплечья следует перемещать по дуге по кругу в сторону от туловища или по направлению к туловищу;

- следует избегать длительной работы руками выше линии уровня сердца (это затрудняет кровообращение и, как следствие, приводит к снижению работоспособности);

- по мере удаления рук от туловища снижается точность выполнения движений рук ввиду больших мышечных усилий;

– ручные действия специалиста, требующие точного визуального контроля, должны выполняться в поле зрения на необходимом расстоянии обзора. На рисунке 14 представлены схемы геометрических параметров характерных для подводного сварщика эргономических поз.

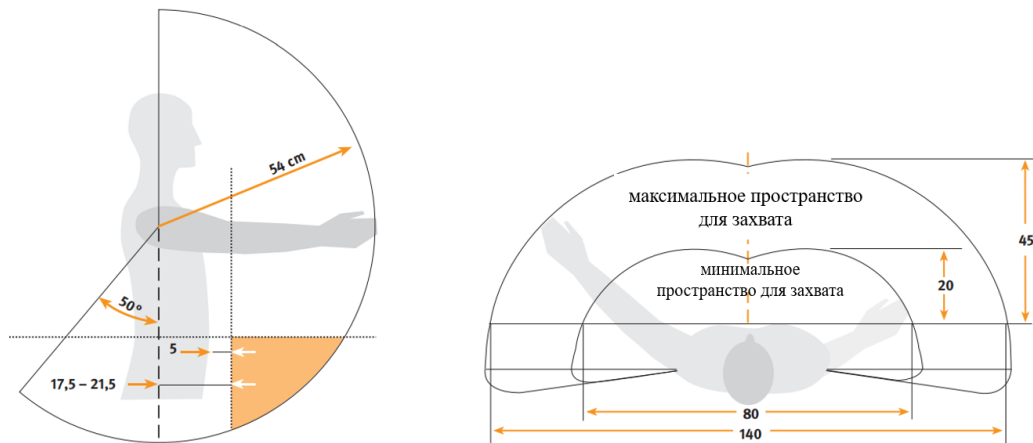


Рисунок 14 – Допустимая область захвата специалиста: а) – область плечевого сустава; б) – область локтевого сустава [99]

Ограниченное пространство для передвижения является частой причиной неправильных режимов работы, ошибок и несчастных случаев на производстве. Ограниченность пространства характеризуется рабочей высотой – высотой, на которой пользователь может выполнять работы: слишком большая рабочая высота приводит к спазмам в области шеи и плеч, а также к статически удерживающей работе плечевого сустава; низкая рабочая высота приводит к чрезмерно согнутой спине, что вызывает дискомфорт для здоровья. Поэтому определение эргономичной рабочей высоты имеет важное значение. Согласно [101], нормальная рабочая высота рабочей зоны в условиях статического положения тела характеризуется высотой на 15–40 см ниже локтевого сустава при свободно свисающем или согнутом предплечье (рисунок 15).

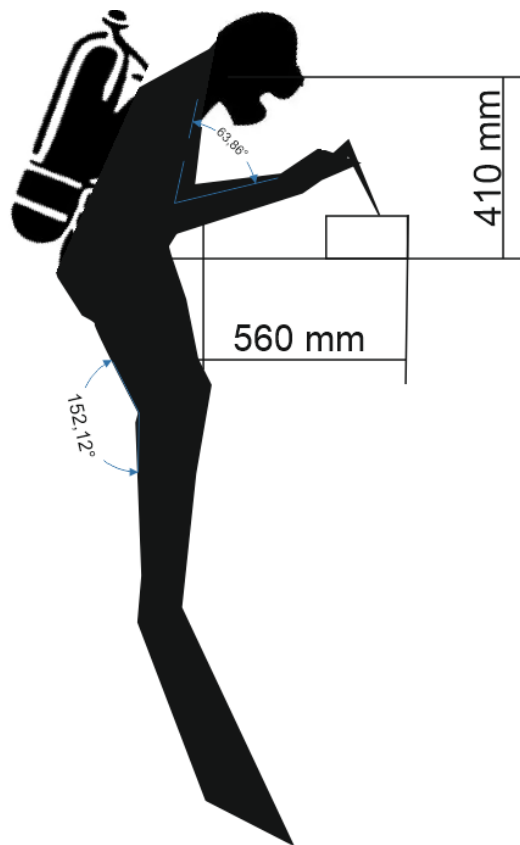


Рисунок 15 – Геометрические условия нормального рабочего положения подводного сварщика

Для определения потенциально уязвимых зон поверхности защитного гидрокостюма сварщика были систематизированы основные позы человека и разработаны эргономические схемы рабочих состояний подводного сварщика в условиях рабочего места (рисунок 16) [101–102].

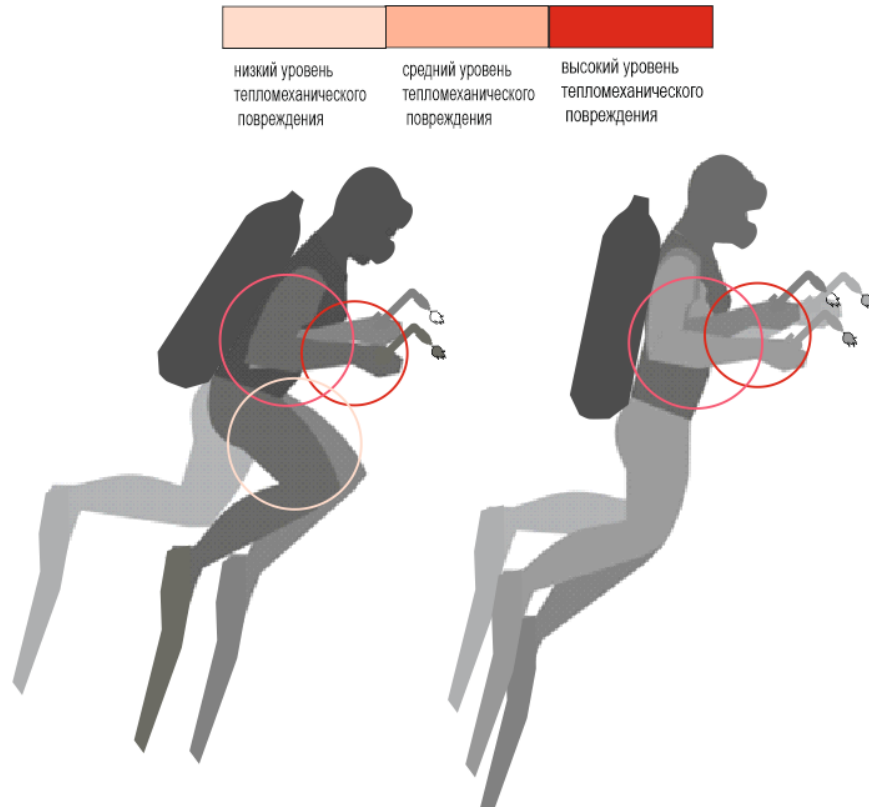


Рисунок 16– Рабочие позы и зоны повышенных термических рисков подводных сварщиков

С целью выявления термических условий воздействия на поверхность одежды горячих капель металла под водой были проанализированы результаты эксплуатации современных образцов гидрокостюмов для подводных сварочных работ, предоставленных организацией ООО «ДОНПОДВОДСТРОЙМОНТАЖ», Ростов-на-Дону [103], выполненных из традиционного неопрена [104–112] (рисунок 17).

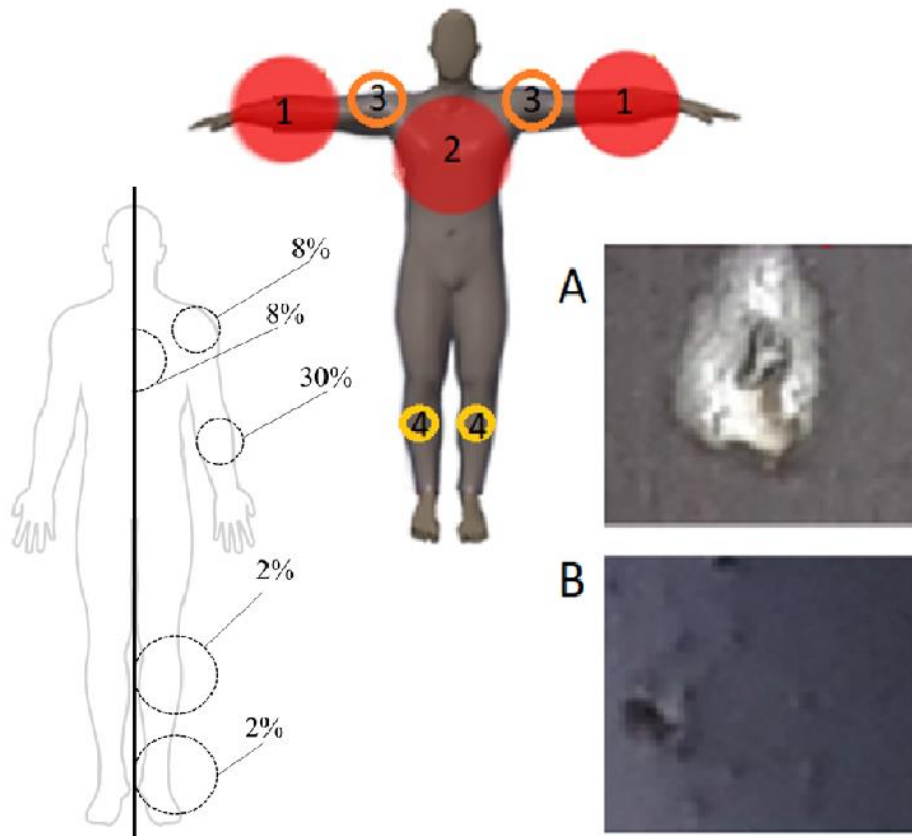


Рисунок 17 – Локализация эксплуатационных повреждений материалов гидроодежды (неопрена) после взаимодействия с горячим металлом при подводной сварке

Проведенный анализ показывает (в соответствии с рисунком 17), что локализация повреждений неоднородна по всей поверхности гидрокостюма. Наибольшее повреждение в виде сквозных прожогов (А) встречается в области рукавов (зоны №1), в среднем около 30% для зоны предплечий каждой руки. На следующих по уровню поврежденности участках (область груди – зона №2, область плеча – зона №3) присутствуют несквозные прожоги (В) с частичным (несквозным, но глубоким) разрушением материала гидроодежды, сосредоточивая, соответственно, до 16% повреждений в совокупной зоне №2+№3 для полуплощади соответствующей зоны, где из этих двух зон значительную глубину повреждений можно наблюдать в зоне груди. Наименьшую долю повреждений, но все же имеют участки низа брюк (комбинезона, полукомбинезона) в области голени (зона №4),

которая составляет в сумме в верхней и нижней части этого участка до 4% на каждой ноге.

На основе систематизации параметров эргономических условий сварочного производства [104–110] и реальных образцов применяемой при подводной сварке одежды были определены зоны необходимой локальной защиты человека под водой от термических рисков, формируемых отрывом раскаленного металла от рабочих электродов сварного аппарата:

- 1) области предплечий на поверхности рук – с наибольшей степенью термических рисков;
- 2) поверхность груди, захватывая зоны плеч – с повышенной степенью термических рисков;
- 3) зоны локтей, колен, низа брюк – с учетом требований к механической защите и средних термических рисков соответственно.

Таким образом, эргономически обосновано зонирование термозащитных свойств гидроодежды подводного сварщика, установлены опорные геометрические и эргономические условия для теоретического прогнозирования и выявления необходимых теплофизических свойств материалов новой защитной гидроодежды, для чего требуется выполнить моделирование термических и гидромеханических процессов в системе «частица горячего металла – подводная среда – гидроодежда сварщика».

2.2 Обоснование методов математического моделирования термодинамических и гидромеханических процессов переноса частиц горячего металла к человеку под водой

Для решения поставленных задач выявления параметров необходимой термической устойчивости поверхности новой защитной одежды подводного сварщика на первом этапе требуется смоделировать перенос горячей капли от

сварочного электрода к одежде с учетом эргономических условий, установленных и описанных в п.2.1.

При дуговой сварке (подводная и надводная), которая является наиболее распространенным способом сварки в связи [113], отрыв капли электродного металла в сложных термодинамических условиях является быстротечным и наименее управляемым процессом (нестабильный перенос капли в сварочную дугу) [113–120]. В связи с этим исследователи наибольшее внимание уделяют изучению теплофизических характеристик самой дуги, стабильности непосредственного процесса сварки, переносу электродного металла и управлению им, разработке новых конструкций источников питания, и т.д. Однако для решения поставленных в настоящей работе задач в основу принципов прогнозирования процессов переноса электродного металла в водной среде положена оценка отрыва и дальнейшее перемещение капель (брызг) электродного металла в известных физических условиях, а также расчет действующих сил, наиболее полно соответствующих исходным условиям сварочного процесса [113–120]. При условии, когда экспериментальные методы оценки характеристик исследуемой системы не могут быть использованы в полной мере, как в настоящей задаче, применяют различные теоретические методы, среди которых методы математического моделирования занимают ключевую роль [113–120].

Для обоснования методов математического моделирования процессов переноса частиц горячего металла под водой был подробно изучен процесс дуговой сварки, который характеризуется нагревом и плавлением специального электрода, в результате чего на его кончике образуется капля расплавленного металла. Первичная удерживающая сила каплей – это поверхностное натяжение расплавленного металла, а первичные отделяющие силы состоят из силы тяжести, сопротивления защитного газа и электромагнитного разряда [113–120].

Когда капля приобретает значительные размеры, под влиянием направленного потока гравитации и электромагнитной силы она отделяется от поверхности электрода, перемещаясь в сварочный бассейн или вылетают из зоны сварки. В последнем случае их называют брызгами. Случайные пути передачи,

неопределенные места посадки и интенсивного колебания сварочной ванны, шаровидный отталкивающий режим передачи – важные факторы, приводящие к неравномерному распределению капель.

В основном, в процессе дуговой сварки существует три режима переноса металла: передача с коротким замыканием, шаровая передача и распыление. Среди этих режимов только режим распыления может обеспечить очень стабильный без разбрызгивания перенос мелких капель, что необходимо для формирования однородной точной формы шарика [113–120].

Значительный практический интерес представляет количественное понимание явлений массо – и теплообмена капли, поскольку распределение температуры расплавленного металла влияет на степень деформации контактирующей с каплей поверхности одежды [112]. Поэтому необходимым условием в данной ситуации является выявление, описание и контроль траектории переноса капель на момент ее отрывания [113]. В качестве характеристики переноса капли металла важно отметить, что в конце «периода открытой дуги» существует непрерывный, но медленный подход капли к сварному бассейну (скорость плавления в этот период низкая, как и скорость образования капель). Другим явлением является колебание капель и сварного бассейна, что приводит к вариациям длины дуги. Если это колебание капли-бассейна однородно по отношению друг к другу, то происходят последовательные явления короткого замыкания. В противном случае, может возникнуть явление "случайное короткое замыкание" – образование неоднородного разбрызгивания капель металла. Поэтому типы математических моделей, которые должны быть взяты за основу для описания подобного рода процессов, являются модели термодинамических и гидромеханических процессов переноса частиц в водной среде.

В настоящее время получили развитие три системы описания каплепереноса (частицы горячего металла рассматриваются в виде капли малого размера) [114]:

– электрические системы (реализация импульсно-дугового процесса от источников тока);

- механические системы (реализация импульсно-дугового процесса от механизмов с импульсной подачей электродной проволоки);
- комбинированные системы (реализация импульсно-дугового процесса от источников сочетающих электрические и механические системы).

Одним из важных признаков механизмов подачи как постоянной, так и импульсной является способ подачи проволоки. Согласно этому признаку, можно провести разделение на механизмы: толкающего типа и тянущего типа.

В соответствии с [113–120] в основу моделирования явлений каплепереноса в процессе сварочного производства заложена двумерная асимметричная модель, позволяющая установить зависимость количества образующихся капель от времени на один импульс, а также неоднородность поведения плазмы и металлического пара в период передачи капли. Метод «гидродинамики сглаженных частиц» позволяет имитировать момент отделения капли от торца электрода в процессе дуговой сварки, численно описывая механизмы движения горячих капель в процессе сварки. В качестве альтернативы [115–120] существует вариант использования метода «маркеров и ячеек» с целью дискретизации функций при моделировании жидкости и других моделей и «метод объема жидкости» для отслеживания и определения местоположения на свободной поверхности, расчета скорости и давления полей плазмы дуги и отслеживания поверхности расплавленного металла. Представленные методы описывают некоторое движение электродной капли после отделения от поверхности электрода в процессе сварки, однако не учитывают процессы каплепереноса в процессе «взрыва», вызывающего перемещение к одежде, что тоже является важной особенностью физической сути изучаемого процесса.

Кроме того, в направлении рассматриваемого профиля задач [115] существует метод расчета устойчивости капель, отделяющихся от поверхности электрода в газовой металлической дуговой сварке, который представляет собой теоретические прогнозы и вспомогательные эксперименты, определяющие скорость переноса капель, способы передачи металла. В данном методе используется расчетный анализ для корреляции массы, скорости передачи и силы,

действующей для отсоединения капли. Точность корреляции оценивается путем сравнения теоретической и измеренной скорости переноса капель в газовой металлической дуговой сварке с использованием алюминиевых электродов переменного диаметра. Такой метод не позволяет описать перемещение капли электродного металла от источника до фактически фиксированной на определенном эргономически обоснованном расстоянии контактной поверхности, что не дает возможности оценить степень воздействия горячих капель на поверхность одежды.

При разработке необходимой методики моделирования изучаемого процесса настоящей работы были учтены также особенности метода вибрации проволочного электрода в процессе сварочного производства [113], который применяют для исследования процесса каплепереноса электродного металла. Представленный метод также учитывает вибрацию электродов, точный ток и гибкое управление переносом капли в режиме реального времени с помощью компьютера. Метод вибраций позволяет смоделировать процессы движения капель электродного металла в процессе сварки, но также не описывает каплеперенос от источника заданной до контактной поверхности, в качестве которой рассматривается поверхность гидроодежды сварщика.

Однако существует методика оценки параметрической зоны импульса на основе критериев отрыва капель и устойчивости дуги [113]. На основе представленного метода формируют наиболее эффективные сочетания параметров импульсного тока на основе комбинированного критерия, а именно: равномерность длины дуги, равномерность отрыва капель и качество поверхности сварного шва [113]. Такая методика описывает формирование и передвижение электродной капли в процессе сварки, однако не характеризует процессы каплепереноса в процессе «взрыва» от электрода, вызывающего перемещение капли к одежде, однако следующего участка переноса капли в данной методике не учтено, поэтому требуется учесть и другие более расширенные методы моделирования рассматриваемой системы.

Например, моделирование [112] проводилось с применением метода конечного объема и метода VOF в трехмерной вычислительной области с вращательно периодической границей, что позволило определить значения температур, концентрации паров металла и текущее распределение плотности в каждой точке фиксации поверхности капли металла. Режим движения капель, полученный в результате этого моделирования, показал хорошую согласованность с экспериментальными исследования [116]. Однако напрямую использование такой методики не позволит описать перемещение капли электродного металла от источника до контактной поверхности, что не дает возможности оценить степень воздействия горячих капель на поверхность одежды.

Исследования дополнительных ресурсов в современных методах математического моделирования рассматриваемых процессов позволили выявить, что существует математическая модель переходного потока жидкости и температурных полей в жидком бассейне, генерируемых пространственно распределенным поверхностным тепловым потоком на первоначально твердом металлическом блоке [115], а также модель, которая представляет собой идеализированную установку, имитирующую процессы сварки, где были учтены электромагнитные силы, силы плавучести и силы поверхностного натяжения [116]. Такие модели позволяют представить процессы формирования и движения капель в процессе сварки, однако не дают возможности моделировать отрыв горячих капель от источника и их перемещение до контактной поверхности, в частности, одежды, но не оценивают степень воздействия капли электродного металла на контактную поверхность в точке контакта, где для оценки термического риска в одежде такая температура определяет состояние и изменения структуры и свойств соответствующих материалов швейного изделия.

Исходя из возможностей и ограничений рассмотренных математических методов, полезно учесть метод имитационного моделирования и визуализации переноса капель расплавленного электродного металла и их параметров, который дает возможность получить входные данные для разработки математических моделей распределения температурных полей. Алгоритм реализован в виде

расчётных программ для определения параметров капли расплавленного металла и средств визуального представления её геометрии и пространственной формы [117]. Такая модель характеризует процессы формообразования капли в процессе сварки, но не описывает перемещение капли от источника до контактной поверхности, а также не описывает степень воздействия капли электродного металла на встречную контактную поверхность.

Если рассматривать вариант двумерной модели, зависящей от времени, для прогнозирования образования капель при дуговой сварке газовым металлом [118], то она представляет собой унифицированную обработку дуги, сварочной проволоки, взятой в качестве анода, и заготовки, взятой в качестве плоского катода. Такая модели позволяет делать прогнозы образования и формы сварочных капель в зависимости от времени с учетом влияния поверхностного натяжения, силы тяжести, инерции и магнитных сил сжатия, однако также не оценивает степень воздействия капли электродного металла на контактную поверхность в точке контакта, то есть полностью не может быть принята для решения поставленной задачи. Попытки адаптировать к поставленной в настоящей работе задаче модели, которые учитывают в процессе сварки влияние различных типов сил на каплю и позволяют смоделировать процессы движения капель электродного металла в процессе сварки [116], а также модели, где рассмотрен анализ переноса энергии за счет теплового излучения и конвекции как не взаимодействующих физических процессов, то есть, метод теоретического оценочного расчета параметров движения и теплообмена [117], не позволяют с их помощью оценивать степень воздействия капли электродного металла на контактную поверхность в точке контакта (для настоящей задачи – с поверхностью гидроодежды).

Таким образом, представленные методы математического описания элементов подводной сварки, движения и теплообмена горячих частиц металла в системе их взаимодействия с одеждой подводного сварщика не дают готовых решений математического описания перемещения капли электродного металла после отрыва во время «взрыва» в процессе сварки от источника «взрыва» до контактной поверхности одежды, поэтому требуется разработка нового

формализованного метода решения поставленных задач для оценки воздействия капли электродного металла на поверхность в точке контакта с одеждой сварщика под водой. Но при этом установлено, что для дальнейшей работы решения данной задачи будет рассматриваться теоретический оценочный расчет параметров движения и теплообмена как основной метод анализа переноса капель расплавленного металла.

2.3 Разработка геометрических и теплофизических исходных данных модели системы «частица горячего металла – подводная среда – гидроодежда»

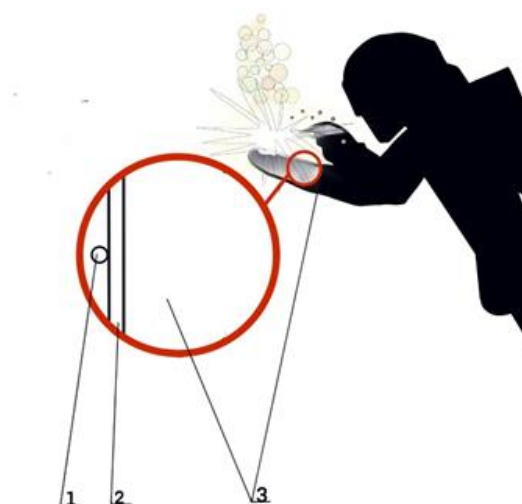
При разработке исходных данных процесса моделирования системы «частица горячего металла – подводная среда – гидроодежда» были структурированы операции дуговой сварки [129–132], при которых образуются капли металла, которые имеют различные размеры. При разных формах переноса частиц металла (крупно– и мелкокапельный с короткими замыканиями дугового промежутка, капельный без коротких замыканий, струйный, а также перенос металла в виде паров) их температура имеет диапазон в несколько сотен градусов [133–137]. Для формулировки геометрических параметров системы, были выделены разновидности образования капель при переносе металла: шаровидные, субдуговые и короткого замыкания, где при шаровидном переносе образуются крупные капли металла до 7 мм., часть которых отталкиваются от наконечника электрода и движутся вверх или в сторону нерегулярно, оседают вне расплавленной ванны в виде брызг [133–137]. В этот период повышенного тока электрод нагревается по закону Джоуля и начинает плавиться, образуя поток последовательных капель, что необходимо учесть в структуре и геометрии описываемой системы. Существует особое явление, при котором сварной дым (на суше) или дуговые пузырьки (под водой) непрерывно генерируют и окружают

горячую каплю. Непрерывная генерация пузыря оказывают большое влияние на стабильность дуги и перенос капли. Шаровидный отталкивающий режим передачи металла рассматривается как важный фактор, приводящий к неравномерному распределению капель. Один жизненный цикл дугового пузыря включает в себя три различных этапа: контактирование, окружение и отделение между пузырем и каплей. В процессе дуговой сварки температура капли и ванны под водой достигает $2600\text{ }^{\circ}\text{C}$ [133–137], что требуется учесть в исходных данных изучаемой системы.

Для геометрических параметров исходных данных следует учесть, что для сварки на суше характерны капли диаметром от 1 до 8 мм с края стабильной варочной дуги; капли (диаметром от 0,11 до 1 мм) в результате самовзрыва, капли (диаметром от 1 до 70 мм) образуются вокруг зоны столкновения из-за сварочной дуги [133–137]. Во время подводной мокрой сварки образуются три типа типичных брызг: брызги выталкиваемых капель из полости пузыря, брызги, возникаемые при всплесках (вспышках) в процессе сварки, брызги расплавленного бассейна [135]. Капля отклоняется и даже отрывается от сварочной проволоки из-за значительной силы, действующей на каплю на стадии контакта дугового пузыря с каплей. В то время как дуговой пузырь отрывается от капли и затем исчезает, сила сопротивления также исчезает. После того, как следующий пузырь всплывает и исчезает, капля попадает в расплавленную сварочную ванну с небольшим углом отрыва либо выходит из полости пузыря в то время как пузырьки соприкасаются с каплей с высокой скоростью расширения и превращается в брызгу со средним диаметром 5,0 мм [133]. Капля металла отрывается от наконечника проволоки с высокой горизонтальной скоростью, летит в свободное пространство, превратившись в взрывные брызги, что приводит к образованию ударных брызг расплавленной ванны со средним размером около 0,8 мм. до минимального диаметра 0,5 мм. [133–135]. Нестабильность образуемых брызг приводит к повышению вероятности попадания брызг на поверхность гидрокостюмов и далее к их прожигу [135, 137], что является наиболее ожидаемым параметром геометрических характеристик горячей капли изучаемой системы.

На основе выявленных особенностей процесса подводной сварки и распространения капель металла разработана общая схема взаимодействия человека в гидроодежде с источником взрыва на сварочном электроде, который обозначен точкой распространения электродных металлических капель в воде. Представленная схема описывает участок гидроодежды на теле человека (предплечье) при контакте с горячей каплей сварочного металла под водой (рисунок 18).

Согласно представленной схеме (рисунок 18) гидроодежда представлена именно на участке предплечья как наиболее термически уязвимого участка тела человека.



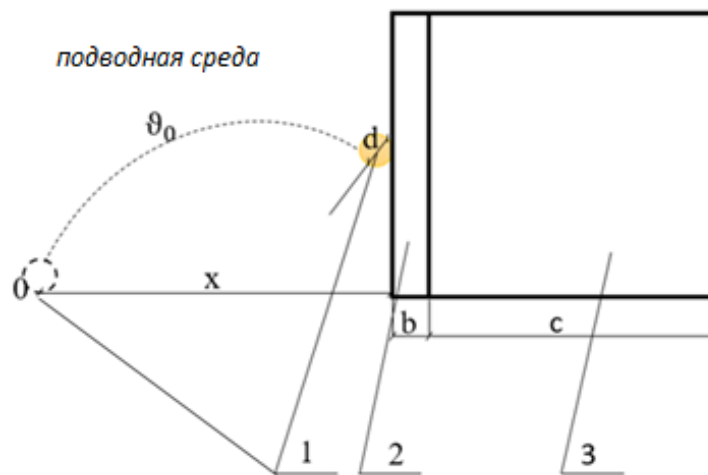
1 – капля расплавленного металла, 2 – гидроодежда, 3 – предплечье человека

Рисунок 18 – Схема участка гидроодежды на теле человека (предплечье) при контакте с горячей каплей сварочного металла под водой (для условий источника взрыва на сварочном электроде)

Исходя из представленного обоснования, форма капли горячего металла изначально может считаться сферической, что обосновано следующими допущениями: капля расплавленного металла сохраняет форму сферы до момента соприкосновения с контактной поверхностью гидроодежды, затем под действием

электромагнитных сил форма капли деформируется, но в рамках поставленной задачи может быть принята как объект с постоянной сферической формой до контакта с одеждой.

Для дальнейшего теоретического исследования и прогнозирования воздействия горячей капли металла на гидроодежду разработана геометрическая схема системы «частица горячего металла – подводная среда – гидроодежда» как компонент математического моделирования гидро– и термодинамических процессов (рисунок 19).



1 – капля расплавленного металла, 2 – гидроодежда (слой оболочки), 3 – участок тела человека (предплечье)

Рисунок 19 – Геометрическая схема системы «частица горячего металла – подводная среда – гидроодежда» для участка предплечья человека

Структура оболочки гидроодежды представляет собой слой специального материала, как правило, вспененного хлоропрена, в том числе типа «неопрен».

В таблице 6 представлены параметры элементов системы «частица горячего металла – подводная среда – гидроодежда» для предплечья человека в соответствии с геометрической схемой (рисунок 19).

Таблица 6 – Геометрические и теплофизические параметры элементов геометрической системы «частица горячего металла – подводная среда – гидроодежда» (для участка предплечья человека)

Наименование данных (в соответствии с рис. 3)	Буквенное обозначение	Единица измерения	Значение
Начальная скорость движения капли (п.1) электродного металла	v_0	м/с	2,5 [137]
Расстояние от источника (электрода) до контактной поверхности	x	м	0,56 [138]
Плотность капли (п.1) электродного металла (из стали)	ρ_T	кг/м ³	7,684*10 ³ [139]
Плотность воды	ρ	кг/м ³	998,23[139]
Радиус капли электродного металла 1	d	м	2,5 10 ⁻³
Коэффициент аэродинамического (лобового) сопротивления капли	C_x	–	0,04 [139]
Коэффициент кинематической вязкости среды (воды)	ν	м ² /с	1,000*10 ⁻⁶ [139]
Температура плавления стали	T	°C	1400 [139]
Температура среды (воды)	T _{ср}	°C	+20
Начальная температура капли электродного металла	T ₀	°C	2600 [140]
Удельная теплоемкость жидкой стали	c	Дж/(кг °C)	0,820 [139]
Глубина погружения специалиста	h	м	20,0
Толщина оболочки гидроодежды	b	м	0,005...0,015
Радиус предплечья человека	c	м	0,013 [141]

Разработанные параметры являются основой (исходными данными) геометрической и теплофизической модели описания процесса распространения, прогнозируемого столкновения горячих частиц металла с поверхностью одежды и термического воздействия на тело человека в гидроодежде во время подводной сварки. Прогнозируемое столкновение зависит от непосредственного движения самих частиц и их кинематики в воде.

2.4 Разработка математической модели и прогнозирование термического воздействия частиц металла подводной сварки на поверхность гидроодежды

С целью определения параметров кинематики движения капли электродного металла массой m (кг), летящей со скоростью v_0 (м/с) от источника (электрода) до контактной поверхности гидроодежды на расстоянии x (м), разработана условная схема движения капли электродного металла с использованием модели Blender на основе данных [132–137] (рисунок 20). В соответствии с разработанной схемой начало движения горячих капель принято в неподвижной точке O .

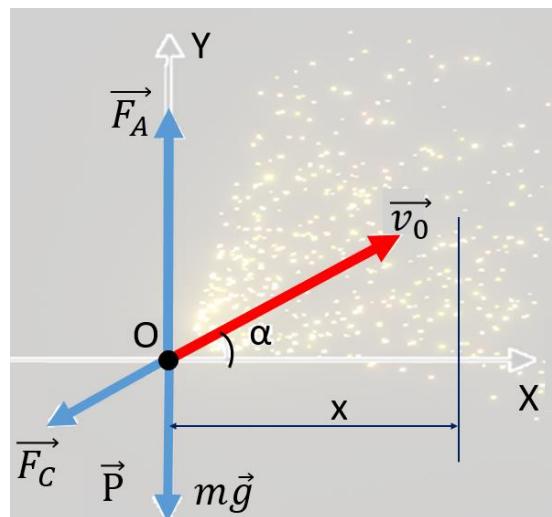


Рисунок 20 – Схема распространения капель горячего металла от электрода в направлении человека в одежде под водой

При сварке в водной среде на каплю электродного металла действуют следующие силы: сила тяжести, сила поверхностного натяжения, электродинамическая сила, сила реактивного давления испаряющегося с поверхности капли металла газа, сила давления потоков плазмы дугового промежутка, сила взрыва жидкой перемычки между каплями и электродом или ванной. При движении капли электродного металла в объеме водной среды на нее

действуют следующие силы: сила Архимеда, сила тяжести, сила сопротивления воды. В соответствии со вторым законом Ньютона [139], за основу было взято уравнение движения капли электродного металла с заданными массой и радиусом, движущейся под углом вылета к горизонту и начальной скоростью (1) :

$$m\vec{a} = \vec{F}_A + m\vec{g} + \vec{F}_C + \vec{P} \quad (1)$$

где m – масса капли электродного металла, кг;

a – ускорение капли электродного металла, м/с^2 ;

F_A – сила Архимеда, Н;

g – ускорение свободного падения, м/с^2 ;

F_C – сила сопротивления воды, Н;

P – сила гидростатического давления, с которой столб жидкости действует на каплю электродного металла, находящуюся на глубине h , Па.

В проекциях на ось OX , уравнение (1) было преобразовано в следующий вид:

$$OX: ma_x = -F_C \cos \alpha, \quad (2)$$

где α – угол между осью OX и вектором скорости v_0 , с которой вылетает капля электродного металла, рад.;

a_x – проекция ускорения капли электродного металла на ось OX , м/с^2 .

Процесс обтекания капли электродного металла водной средой, при перемещении капли в объёме воды, может носить ламинарный характер, при котором в потоке жидкости образуются тонкие, не перемешивающиеся друг с другом слои, а может характеризоваться образованием нелинейных фрактальных волн и носить турбулентный характер. Характер обтекания влияет и на сам процесс перемещения капли электродного металла в водной среде, и на процесс теплообмена между каплей электродного металла и водной средой, и, как

следствие, на величины, описывающие эти процессы. Параметр, определяемый характер обтекания, называется числом Рейнольдса [132], которое было рассчитано по формуле (3):

$$R_e = \frac{\vartheta_0 d}{\nu} \quad (3)$$

где ϑ_0 – скорость движения капли электродного металла, м/с;

d – диаметр капли электродного металла, м;

ν – коэффициент кинематической вязкости водной среды, в которой перемещается капля, $0,000001 \text{ м}^2/\text{с}$.

В рассматриваемой системе расчет величины числа Рейнольдса был проведен по формуле (3), исходя из базовых данных о скорости отрыва капли электродного металла от источника (электрода), среднем размере капли и коэффициенте кинематической вязкости водной среды:

- скорость движения капли электродного металла = 2,5 м/с;
- диаметр капли электродного металла (форма – шар) = 2,5 мм;
- коэффициент кинематической вязкости водной среды = $1,000 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ (при $t^0 = 20^\circ\text{C}$ и $P = 760 \text{ мм. рт. ст.}$)[141]

$$R_e = \frac{2,5 \cdot 2 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3}}{1,000 \cdot 10^{-6}} = 1,250 \cdot 10^4$$

Полученное значение ($R_e > 1$) позволяет утверждать, что процесс обтекания капли электродного металла водной средой при её перемещении в объёме воды в направлении от электрода к поверхности тела человека носит турбулентный характер [132]. На основе полученного значения R_e определение силы сопротивления воды при турбулентном «обтекании» водой капли электродного металла при движении от источника (электрода) до поверхности гидроодежды соответствует формуле (4) [142]:

$$F_c = c_x \frac{\rho \vartheta^2}{2} S, \quad (4)$$

где c_x – коэффициент аэродинамического (лобового) сопротивления, табличное значение;

ρ – плотность водной среды, кг/м³ (с учетом глубины погружения, солёности и температуры воды).

S – площадь поперечного сечения капли электродного металла, м²;

ϑ – скорость движения капли электродного металла, м/с.

С целью определения подобия тепловых процессов в жидкостях и газах учитывают влияние физических свойств теплоносителя на теплоотдачу. Параметром, соотносящим вязкость жидкости с теплопроводностью является число Прандтля [143], оценка которого выполнена по формуле (5):

$$Pr = \frac{\nu}{a}, \quad (5)$$

где a – коэффициент температуропроводности, м²/с ($0,144 \cdot 10^{-6}$)³³.

$$Pr = 6,944 \text{ \{при } t^0 = 20^\circ\text{C}\}.$$

Число Нуссельта [143] – один из основных критериев подобия тепловых процессов, характеризующий соотношение между интенсивностью теплообмена за счёт конвекции и интенсивностью теплообмена за счёт теплопроводности (в условиях неподвижной среды).

Оценка числа Нуссельта выполнена по формуле (6):

$$Nu = \frac{\alpha d}{\lambda} \quad (6)$$

где α – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·К);

λ – коэффициент теплопроводности теплоносителя, Вт/(м·К).

Для расчета числа Нуссельта применялась формула (7) [144]:

$$Nu = 2 + 0,775Re^{0,5} \frac{Pr}{\sqrt{2\gamma+1} \left[1 + \frac{1}{(2\gamma+1)^3 Pr} \right]^{0,17}}, \gamma = Re^{-0,25} \quad (7)$$

На основе представленной формулы (7) с учетом влияния уровня турбулентности установлено числовое значение Числа Нуссельта:

$$Nu = 150,502$$

Для получения уравнения, связывающего кинематические параметры движения капли электродного металла в водной среде, выполнены преобразования и получено уравнение (8):

$$a_x = -\frac{F_c \cos \alpha}{m} = -\frac{c_x \rho \vartheta^2 S \cos \alpha}{2m}; \quad a_x = -\frac{c_x \rho S}{2m \cos \alpha} \vartheta_x^2 \quad (\text{где } \vartheta_x = \vartheta \cos \alpha) \quad (8)$$

Для оценки времени движения капли электродного металла от точки отрыва до точки контакта с поверхностью гидроодежды с учетом разработанной геометрической схемы взаимодействия сварщика с электродом под водой были проинтегрированы промежуточные дифференциальные уравнения для кинематических параметров ускорения и скорости и получено выражение для координаты x (проекция расстояния, пройденного каплей электродного металла вдоль оси ОХ за время t , м), представленное в (9):

$$x = \frac{1}{A} \{ \ln |1 + \vartheta_{ox} A \cdot t| - \ln 1 \} \quad (9)$$

где A – промежуточный коэффициент $\frac{3C_x\rho}{8\rho_T r \cos\alpha}$.

Преобразовав (9), было получено уравнение, выражающее время движения капли электродного металла от источника (электрода) до контактной поверхности гидроодежды на человеке под водой, которое является математической моделью прогнозирования момента критического термического воздействия на одежду сварщика под водой на основе описания гидродинамического перемещения капли горячего металла электродуговой сварки под водой в системе «частица горячего металла – подводная среда – гидроодежда» (10):

$$t = \frac{8\rho_T r}{\vartheta_0} \left\{ \exp\left(\frac{3C_x\rho x}{8\rho_T r \cos\alpha}\right) - 1 \right\} \quad (10)$$

Расчеты на разработанной модели (10), с учетом варьирования угла α от 0 до $\pi/2$, позволили сделать оценку времени движения капли электродного металла от точки отрыва до точки контакта с поверхностью гидроодежды на человеке-сварщике. При $\alpha=0$ ($\cos\alpha=1$), степень экспоненты имеет минимальное из возможных значений. Следовательно, и времени движения капли электродного металла от точки отрыва до точки контакта с поверхностью гидроодежды будет минимальна в случае, когда скорость капли электродного металла в момент отрыва направлена вдоль оси ОХ.

На основе разработанной математической модели установлено время движения капли от источника (электрода) в направлении контактной поверхности (гидроодежды) при заданных условиях (вид сварки – электродуговая, глубина 20–25 м., температура воды +20°C, скорость воды 2,5 м/с), которое составило 0,281 с. (рисунок 21). В первую очередь, исследования выполнены для наиболее опасного с точки зрения подверженности термическим рискам участка одежды и тела сварщика – участка предплечья, обоснованного разработанной выше геометрической моделью системы.

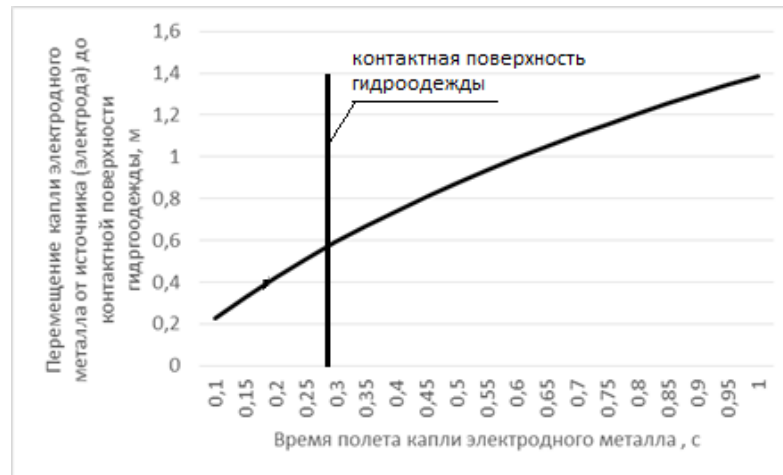


Рисунок 21 – Графическая модель прогнозирования момента контакта электродной капли горячего металла с учетом расстояния от источника (электрода) с поверхностью гидроодежды (на участке предплечья)

С целью описания и учета остывания жидкой капли электродного металла до температуры кристаллизации за счет теплообмена был рассмотрен период остывания стальной капли (объекта) в процессе движения в пресной воде от температуры отрыва до температуры кристаллизации стали (11):

$$dQ = \alpha \cdot S_n (T_{cp} - T) dt, \quad (11)$$

где S_n – площадь поверхности объекта, m^2 ;

T_{cp} – температура среды, $^{\circ}C$;

T – температура объекта, $^{\circ}C$.

При условии, что $c = \frac{dQ}{m \cdot dT}$ – удельная теплоемкость вещества, следовательно,
 $dQ = c \cdot m \cdot dT$, $c \cdot m \cdot dT = \alpha S_n (T_{cp} - T) dt$.

В ходе работы была выполнена оценка времени остывания электродной от $2600^{\circ}C$ капли до $1400^{\circ}C$ (температура плавления стали) [145] за счет теплообмена (12):

$$t_{11} = \frac{c \cdot \rho_T \cdot r \cdot (0,95)^{2/3}}{3 \cdot \alpha} \ln \frac{T_0 - T_{cp}}{T - T_{cp}}, \quad (12)$$

Время остывания электродной капли до 1400 °С составило:

$$t_{11} = 0,1791 \text{ с}$$

Было определено время остывание жидкой капли электродного металла до температуры кристаллизации (13):

$$t_{12} = \frac{c \cdot \rho_T \cdot r \alpha (0,95)^{2/3}}{3} \int_{T_0}^T \frac{dT}{\alpha (T_{cp} - T) - k \cdot \sigma \cdot T^4} \quad (13)$$

Результаты вычислений позволили установить значение времени, через которое оторвавшаяся раскаленная капля от электрода достигнет поверхности одежды сварщика под водой:

$$t_{12} = 0,1783 \text{ с}$$

С целью обоснования необходимости учитывать охлаждение капли электродного металла за счет излучение выполнили оценку погрешности в расчете времени остывания до 1400 °С двух случаев: при учете только теплообмена – t_{11} и при учете теплообмена и излучения – t_{12} :

$$\delta = \frac{t_{11} - t_{12}}{t_{11}} 100 \% = \frac{0,1791 - 0,1783}{0,1791} 100 \% = 0,45 \%$$

Т.к. $\delta \ll 5 \%$, влияние излучения на охлаждение капли электродного металла не существенно, чем можно пренебречь.

Далее было получено уравнение, описывающее остывание капли электродного металла в процессе кристаллизации (14):

$$t_2 = \frac{L \cdot \rho_T \cdot r}{3 \cdot \alpha (T - T_{cp})} \quad (14)$$

Результаты вычислений позволили установить значение времени движения на этом этапе:

$$t_2 = 0,022 \text{ с}$$

Далее было рассчитано время остывания капли металла до температуры 1400 °С (15):

$$t_3 = t - t_1 - t_2, \quad (15)$$

где $t=0,281$ с – время движения до поверхности гидроодежды;

$t_1=0,179$ с время остывания до 1400 °С только за счет теплообмена;

$t_2 = 0,022$ с – время кристаллизации капли электродного металла.

Полученная модель, описывающая время остывания капли электродного металла в зависимости от температуры кристаллизации и условий подводной среды, позволила определить ее как модель следующего уровня, описывающую ожидаемую температуру одежды в точке контакта с горячей каплей под водой (16):

$$T = T_{cp} + (T - T_{cp}) \exp\left(-\frac{3 \cdot \alpha dt}{c \cdot \rho_T \cdot r}\right) \quad (16)$$

Для исследуемых условий среды и сварочного процесса, обозначенных ранее (таблица 7), в результате моделирования установлена температура поверхности гидроодежды, равная температуре контактирующей с ней капли металла в момент касания под водой. Расчеты выполнены для области предплечья (наиболее термически уязвимой зоны в общей эргономической позе человека):

$$T=899,89^\circ\text{C} \sim 900^\circ\text{C}$$

Таким образом, эргономически обоснованная и разработанная математическая модель прогнозирования момента критического термического воздействия на одежду сварщика под водой на основе теоретического описания гидродинамического перемещения капли горячего металла электродуговой сварки в системе «частица горячего металла – подводная среда – гидроодежда» дает возможность формулировать и решать задачи выявления и оценки термического воздействия на материалы гидроодежды и далее – на тело человека под водой для различных условий системы.

2.5 Моделирование и выявление термических критериев к термозащитной оболочке и материалам гидроодежды

Разрабатываемая оболочка защитной одежды подводных сварщиков должна обеспечить термическую безопасность и тепловой баланс человека под водой. С физиологической точки зрения нормальной температурой функционирования тела человека в среднем считается 29 °С [146] в раздетом состоянии и 26 °С в одежде. Когда механизм теплообмена не может компенсировать прирост тепла, температура зон прямого воздействия может опасно повыситься, вызывая ожоговые повреждения кожи, которые варьируются от ожогов первой до третьей степени в зависимости от интенсивности и продолжительности воздействия. До 15 % [147] повреждений специалистов сварщиков приходится на контактные ожоги. Несмотря на то, что контактные травмы составляют относительно небольшую долю зарегистрированных полученных травм, эти ожоги могут оказать значительное влияние на здоровье, безопасность и производительность труда специалистов.

Снижение вероятности вплоть до исключения термических рисков возможно за счет формирования оболочки защитной одежды из материалов, стабильно

устойчивых к уровню термических воздействий, выше установленного в результате проведенных исследований.

В качестве термических критериев для проектирования термозащитной гидроодежды для подводной сварки следует рассматривать температуру, обозначающую вероятное контактное воздействие горячего металла, относительно которой температура термической стойкости к прожигу в материалах новой одежды будут значительно выше.

Для рассмотренных условий подводной сварки была установлена усредненная температура 900 °С, которая определяет критерии достижения термостойкости поверхности одежды выше данной величины. В реальной эксплуатации существует значительное многообразие условий подводной сварки, которые, в свою очередь, влияют на данный критерий. Параметрами таких условий являются температура воды, прогнозируемые параметры капли электродного металла, скорость воды.

На основе разработанной математической модели прогнозирования момента критического термического воздействия на одежду сварщика под водой были установлены зависимости температуры поверхности гидроодежды в точке контакта с каплей металла от температуры водной среды (17), (рисунок 22), от скорости течения в водной среде (18) (рисунок 23) и от размеров электродных капель (19) (рисунок 24), что позволяет обеспечить формализацию и далее автоматизацию определения необходимых термических критериев и термозащитных свойств оболочки гидроодежды сварщика.

$$T = 0,363T_{cp} + 891,44 \quad (17)$$

где T – температура поверхности гидроодежды в точке контакта с каплей металла, °С; T_{cp} – температура водной среды, °С.

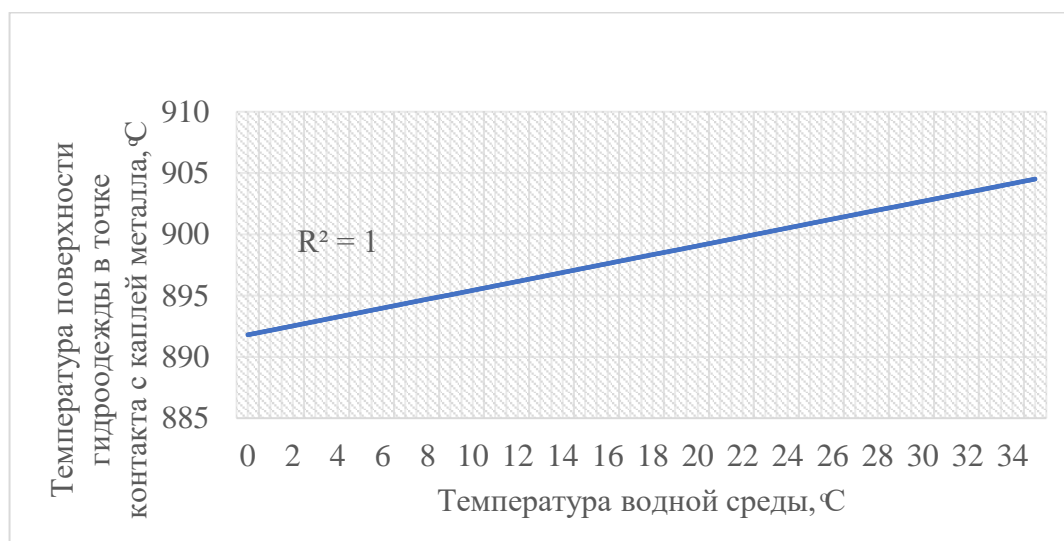


Рисунок 22 – Зависимость температуры поверхности гидроодежды в точке контакта с каплями горячего металла от температуры водной среды (для погружения на 20–25м со скоростью воды 2,5 м/с при среднем радиусе каплей горячего металла 2,5мм).

$$T = -131,7858 * \vartheta_0^2 + 753,4986 \vartheta_0 - 175,8032, \quad (18)$$

где T – температура поверхности гидроодежды в точке контакта с каплей металла, °C; ϑ_0 – скорость течения воды, м/с.

Индекс детерминации $R^2 = 1$.



Рисунок 23 – Зависимость температуры поверхности гидроодежды в точке контакта с каплями горячего металла от скорости течения воды (для погружения на 20–25м. при температуре водной среды 20°С с учетом среднего радиуса капель горячего металла 2,5мм).

$$T = 502,0413 + 412,6304 * \ln(r) \quad (19)$$

где T – температура поверхности гидроодежды в точке контакта с каплей металла, °С; r – радиус капли электродного металла, мм.

Индекс детерминации $R^2 = 0.9984$.

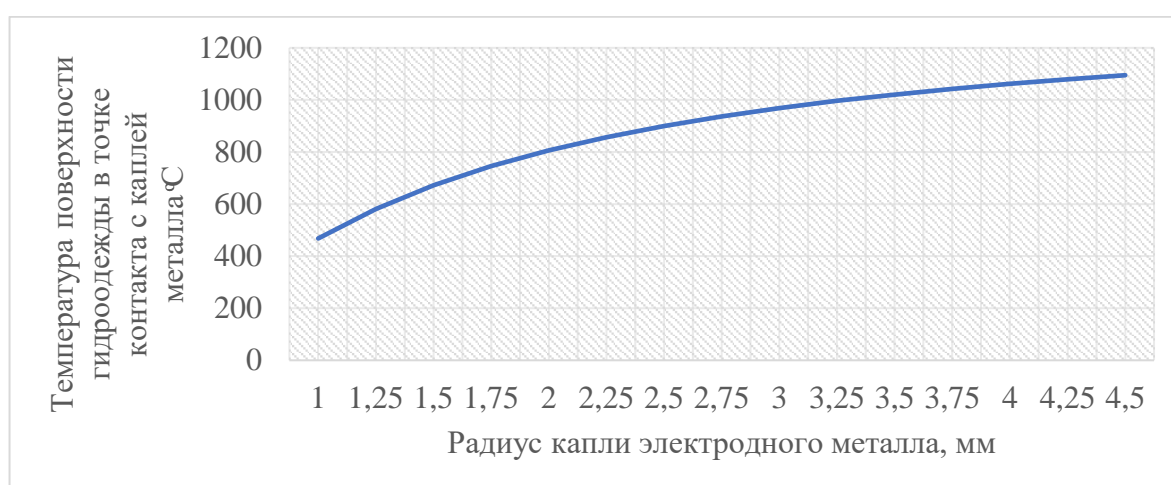


Рисунок 24 – Зависимость температуры поверхности гидроодежды в точке контакта с каплями горячего металла от их размеров (для погружения на 20–25м. при температуре водной среды 20°С и скорости течения воды 2,5мм).

Представленные зависимости демонстрируют, что температура поверхности гидроодежды при подводной сварке при разных условиях водной среды с учетом разброса размеров горячих капель металла от минимального до максимально ожидаемого будет достигать от порядка 450 до более 1200 °С, где для усредненных параметров металлических частиц в рассмотренных условиях погружений наиболее вероятно контактная температура на одежде около 900 °С. То есть, для всех ожидаемых температурных воздействий на поверхность одежды она будет разрушена на этих участках с рисками ожогов человеку.

Весь обозначенный диапазон температур с выявленной температурой максимальной вероятности контакта определяет термические критерии к материалам внешнего слоя гидроодежды сварщика, которые должны иметь параметр термической стойкости к прожигу при 900 °С и обеспечивать такие условия теплопередачи через слой оболочки, которые обеспечат исключение термических ожогов при заданной температуре термических рисков преимущественно на установленных наиболее подверженным таким опасностям участках поверхности тела человека.

Выводы по второй главе

1. На основе систематизации параметров эргономических условий сварочного производства и результатов исследования реальных образцов применяемой при подводной сварке одежды, установлены зоны необходимой локальной защиты человека под водой от термических рисков, формируемых отрывом раскаленного металла от рабочих электродов сварочного аппарата: в первую очередь – это область предплечий на поверхности рук, а также поверхность груди, захватывая зоны плеч, далее зоны локтей, колен, голени – с учетом дополнительных требований к механической защите и переменных термических рисков соответственно.
2. Систематизация и анализ методов математического моделирования термодинамических и гидромеханических процессов переноса частиц горячего металла к человеку для выявления температуры поверхности одежды подводного сварщика позволили установить отсутствие готовых решений и определить методы теоретического оценочного расчета параметров движения и теплообмена как основного метода математического анализа.
3. Определены опорные геометрические и теплофизические исходные данные модели системы «частица горячего металла – подводная среда – гидроодежда», где

форма капли горячего сварочного металла принята сферической; разработана геометрическая схема модели данной системы как компонент математического моделирования гидро– и термодинамических процессов для участка предплечья человека.

4. Разработана математическая модель прогнозирования термического воздействия на одежду сварщика под водой на основе описания гидродинамического перемещения капли горячего металла электродуговой сварки в системе «частица горячего металла – подводная среда – гидроодежда». На основе разработанной математической модели установлено время до прямого термомеханического контакта элементов системы при заданных усредненных условиях (вид сварки – электродуговая, глубина погружения порядка 20–25 м, температура воды +20 °С, скорость воды 2,5 м/с), которое составило 0,281 с (~0,280 с). В первую очередь, исследования выполнены для наиболее опасного с точки зрения подверженности термическим рискам участка одежды и тела сварщика – участка предплечья, для которого разработана соответствующая модель и установлена температура на поверхности гидроодежды, равная около 900 °С.

5. На основе выполненных расчетов на разработанной математической модели и исследования влияния условий подводной сварки на температуру поверхности одежды разработаны термические критерии к защитной оболочке гидроодежды: материалы поверхности деталей одежды на участках, эргономически наиболее подверженных термическим рискам, должны быть термически устойчивы к прожигу при 900 °С и обеспечивать такие условия теплопередачи через слой оболочки на внутреннюю поверхность, которые обеспечат исключение термических ожогов для тела человека при заданной температуре капель.

3. РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И МАТЕРИАЛОВ ПОЛИЗОНАЛЬНОЙ ОБОЛОЧКИ ЗАЩИТНОГО ГИДРОКОСТЮМА ДЛЯ ПОДВОДНОЙ СВАРКИ

3.1 Разработка концепции структуры полизональной оболочки защитного гидрокостюма для подводной сварки

С учетом того, что поверхность тела человека имеет участки повышенного уровня термических рисков и, наоборот, общего безопасного уровня по отношению к воздействию горячих капель электродного металла (что показали результаты ранее проведенных эргономических и термических исследований системы «частица горячего металла – подводная среда – гидроодежда»), необходимая термозащитная гидроодежда подводного сварщика должна проектироваться на основе принципа функциональной многозональности.

Исходя из этого подхода, разработана принципиальная графическая схема концепции структуры полизональной оболочки защитного гидрокостюма для подводной сварки (рисунок 25).

Важной характеристикой гидроодежды являются – устойчивость к внешним факторам, сохранение теплоизоляции и мобильности оболочки.

Опыт применения гидрокостюмов в охлаждающей водной среде показал, что для сохранения теплоизоляции и длительности нахождения человека под водой в условиях низких температур, допустимую общую величину толщины оболочки рекомендуется использовать не менее 0,009 м [9–11]. Еще одним важным показателем теплоизоляции является степень сопротивляемости материала к воздействию воды [148].

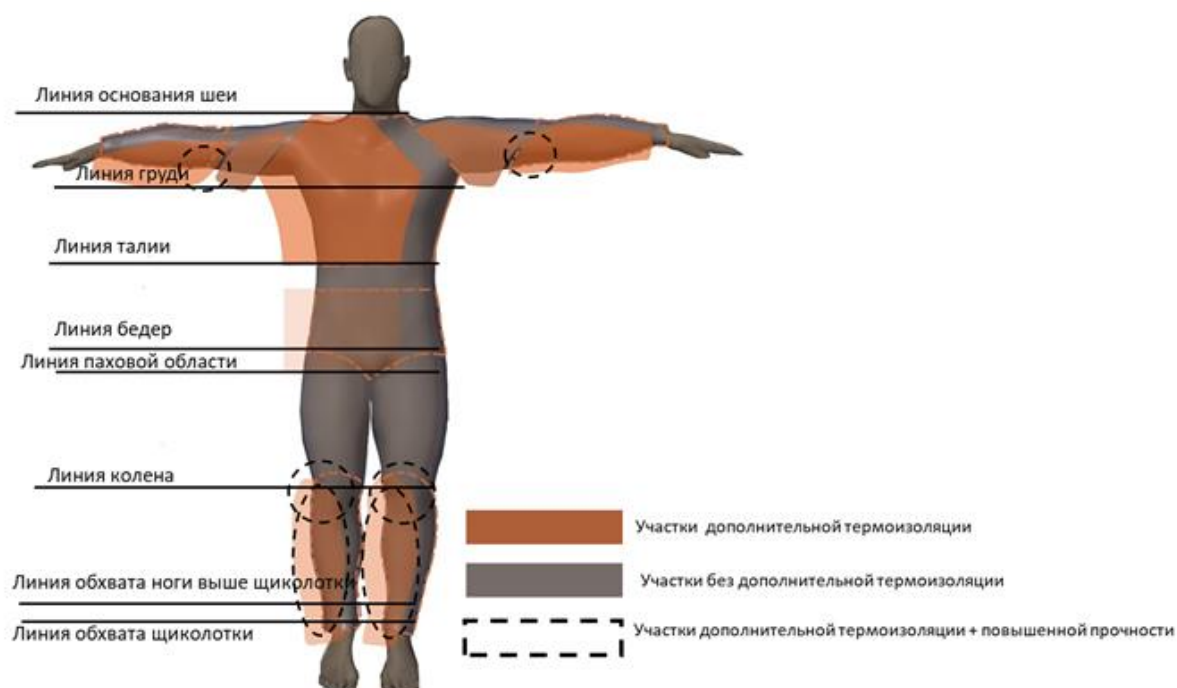


Рисунок 25– Принципиальная графическая схема концепции структуры полизональной оболочки защитного гидрокостюма для подводной сварки

Согласно Европейскому стандарту EN-343 [149] влагостойкость материала начинается с 1300 мм водного столба, величина сопротивлению воздействию воды более 3000 мм – показатель водонепроницаемости материала в миллиметрах водного столба. Допустимая влагостойкость рекомендуется не менее 3000 мм водного столба [9–11].

Важным показателем для оболочки гидроодежды является прочность к механическим воздействиям (растяжению), что определяет срок эксплуатации и мобильность специалиста в процессе выполнения подводно-сварочных работ. Минимальная величина этого показателя для вспененных материалов типа неопрен составляет 70 Н [66–86]. Процент относительного удлинения рекомендуется при растяжении не менее 600 % [66–86], что выявлено из опыта применения современных гидрокостюмов типа неопрен.

Изоляционные функции гидроодежды также предполагают защиту от термомеханического воздействия капель расплавленного металла снаружи и сохранение допустимой температуры поверхности кожи человека для предупреждения возникновения ожогов. На основе данных [63], максимальная безопасная температура контакта с поверхностью кожи человека для человека является до 45° С [63].

На основе систематизации выявленных данных и условий для материалов, исходя из предложенной концепции многозональной оболочки, опираясь на технологии проектирования высокоэластичных изделий и результаты исследования современных конструктивных решений гидрокостюмов, разработана детализованная схема будущей структуры оболочки термозащитного гидрокостюма для подводной сварки.

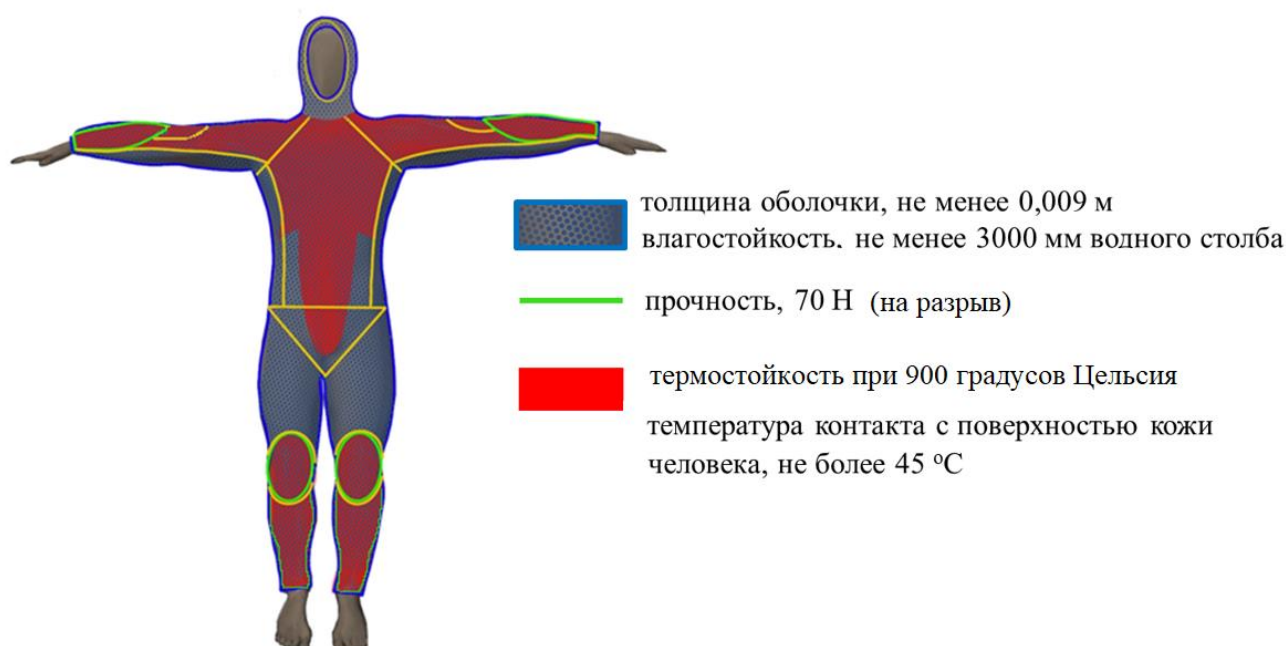


Рисунок 26 – Принципиальная графическая схема концепции структуры полизональной оболочки защитного гидрокостюма для подводной сварки

Разработанная концепция структуры полизональной оболочки защитного гидрокостюма для подводной сварки требует исследований и разработки

соответствующих материалов и деталей из них для функциональных зон, обладающих установленными термическими критериями термостойкости с обеспечением высокого качества одежды для эргономического удобства, долговечности и теплового баланса.

3.2 Исследование физико-технических характеристик опорных вспененных материалов для гидроодежды

Основным опорным материалом для изготовления общей оболочки гидрокостюмов является материал типа вспененный хлоропрен, в том числе широко известный под названием неопрен (вспененная резина) (рисунок 27).

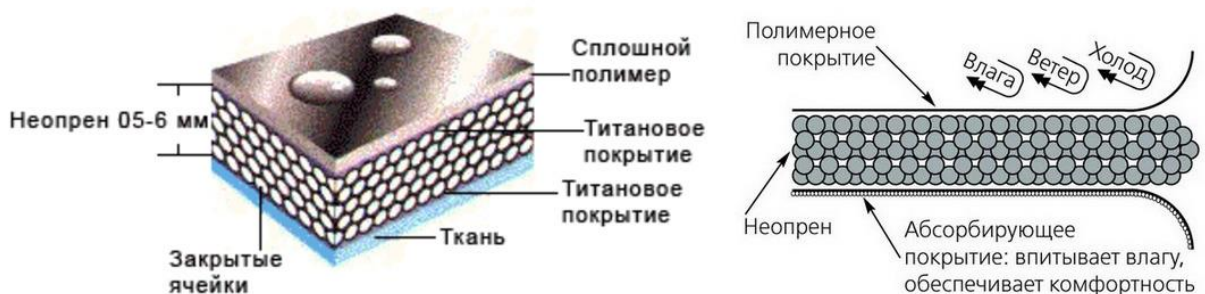


Рисунок 27 – Структура вспененного материала для гидроодежды (типа неопрен) [100]

В практике неопрен применяется двух типов: вспененный газом и сформированный путем химической обработки [104–113].

Производственный процесс формования неопрена связан с вулканизацией – химической обработкой синтетического каучука для улучшения его характеристик. В зависимости от того, как вулканизируется хлоропрен и сколько серных связей производится, неопрену можно придать необходимые свойства, не изменяя основную структуру [104]. Полезными свойствами данного материала являются

устойчивость к сжатию под давлением воды, эластичность и хорошие теплоизолирующие свойства. Повышение механической прочности и удобства надевания гидрокостюма достигается путем дублирования его текстильным материалом (нейлоном, плюшем, стрейчем и др.), однако это приводит к снижению теплоизоляции, поэтому гидрокостюмы могут изготавливаться из неопрена без дублирования, что делает повышенные ресурсы теплоизоляции, но меньшую прочность.

Важными свойствами материалов такого типа применительно к проектированию гидрокостюма подводного сварщика можно назвать физико-механические, гигиенические и термофизические. К таким характеристикам материалов следует отнести поверхностную и объемную плотность, толщину, водопоглощение, жесткость, характеристики деформации, устойчивость на разрыв, теплоёмкость, теплопроводность, термостойкость.

Важной задачей на данном этапе исследований является выявление и формирование физико-технических характеристик вспененных материалов для гидроодежды, которые могут обеспечить опорный слой оболочки с последующим сопряжением с материалами с повышенными термозащитными свойствами, требующими исследований и разработки.

Систематизация характеристик опорных материалов, применяемых для изготовления гидрокостюмов, а также их дополнительных покрытий, позволила выявить их основные достоинства и недостатки относительно решаемых задач настоящей работы, которые представлены в таблице 7 [104–113].

Анализ таблицы 7 позволил обосновать применение вспененных материалов и эффективность их использования в гидроодежде по сравнению с другими материалами высокоэластичного типа: более высокая эластичность, формоустойчивость, теплоизоляция, водозащита, прочность. Однако установленные термические и механические критерии для повышенной термозащиты одежды для подводной сварки требуют дополнительных слоев на основе таких материалов.

Таблица 7 – Общие характеристики материалов, применяемых для изготовления гидрокостюмов

№	Вид материала	Достоинства в использовании для гидрокостюмов	Недостатки в использовании для гидрокостюмов
1.	Неопрен	Высокая эластичность. Обеспечивает плотную фиксацию и не сковывает движений Легкость и мягкость Теплосбережение и водозащита Изолирующие свойства Износостойкость и прочность Долговечность	Возможность вступать в реакцию с некоторыми веществами, такими как щёлочи, растворители, кислоты и некоторые масла. При воздействии определённых агрессивных составов может начаться разрушение структуры
2.	Триламинат	Нулевая плавучесть (исключает использование утяжелителей) Высокая гибкость	Недостаточная теплоизоляция
3.	Прессованный неопрен	Высокая теплоизолирующая способность	Низкая износостойкость Низкая подвижность человека в костюмах
4.	Дробленый неопрен	Высокая прочность Долговечность	Невысокая теплоизоляция
5.	Суперстрейч	Высокая эластичность и гибкость	Невысокая теплоизоляция
6.	Лайкра	Устойчивость к механическим воздействиям	Низкая теплоизоляция
7.	Геопрен	Высокая эластичность и гибкость	Низкая теплоизоляция

С целью выявления способов повышения прочностных и теплоизоляционных свойств гидрокостюмов были систематизированы виды дополнительных поверхностных покрытий материалов для гидрокостюмов.

Анализ характеристик дополнительного слоя материалов, наиболее часто применяемых для изготовления гидрокостюмов, представлен в таблице 8 [104–113].

Таблица 8 – Характеристики дополнительного слоя материалов, применяемых для изготовления гидрокостюмов

Тип покрытия	Способ нанесения	Сторона поверхности нанесения	Назначение
Плюш или термоплюш	Ворсовая ткань наносится перед ламинированием неопрена	Внутренняя	Теплоизоляция
Титановое или алюминиевое (Al) напыление	Тонкий слой металлического сплава наносится перед ламинированием неопрена	Внутренняя	Теплоизоляция
Микроплюш	Ворсовая ткань наносится перед ламинированием неопрена	Внутренняя	Теплоизоляция, эргономичность
Силиконовое покрытие	Материал наносится перед ламинированием неопрена	Внутренняя	Эргономичность
Нейлон	Материал наносится перед ламинированием неопрена	Внешняя и внутренняя	Повышение прочности
Из гранул пенообразователя и черных пигментов («черное»)	Материал наносится после ламинирования неопрена	Внешняя	Теплоизоляция
Медное	Материал наносится после ламинирования неопрена	Внутренняя	Теплоизоляция, эргономичность костюма
Золотое	Материал наносится перед ламинированием неопрена	Внутренняя	Теплоизоляция, эргономичность костюма
Лайкра	Материал наносится перед ламинированием неопрена	Внешняя	Повышение прочности
Резиновое покрытие		Внешняя	Повышение прочности
«Гладкая кожа»	Химическая обработка поверхности	Внешняя сторона	Улучшение гидродинамических свойств одежды
Трикотажное	Материал наносится после ламинированием неопрена	Внешняя сторона	Улучшение прочностных характеристик

Анализ данных таблицы 8 позволил выделить «черное» покрытие и покрытия на основе металлических сплавов, которые обеспечивают наилучшее сохранение тепла (дополнительную теплоизоляцию). Такие типы покрытий применимы в зонах категории «участок дополнительной термоизоляции» в качестве основы оболочки.

С целью обеспечения обоснованного выбора материалов для проектирования новых решений одежды для подводных сварщиков были проведены исследования

и систематизация современных материалов известных производителей по геометрическим и механическим признакам, что позволило сформировать элементы базы данных некоторых их физико-технических характеристик, представленные в таблице 9.

Таблица 9 – Некоторые усредненные физико-технические характеристики современных материалов для подводной одежды от производителей [104–114]

№	Наименование материала (торговое обозначение)	Объемная плотность, кг/м ³	Относительное удлинение при разрыве, %
1.	Sheic	220,0–250,0	50,0–350,0
2.	Yamamoto	130,0–250,0	50,0–520,0
3.	Daiwabo	240,0–270,0	50,0–650,0
4.	Heiwa SK	210,0–240,0	56,0–850,0
5.	National NS	200,0–230,0	460,0–500,0
6.	Nam Ling	180,0–220,0	50,0–650,0
7.	Neoprene, DuPont	210,0–270,0	До 800,0
8.	Lanxess AG	210,0–270,0	До 850,0
9.	Sheico	210,0	720,0
10.	Sheico	130,0	520,0
11.	Sheico	170,0	513,0
12.	Sheico L-nero	180–220	350,0
13.	Sheico L-blanco	160,0–200,0	400,0
14.	Sheico SL	130,0–160,0	480,0
15.	Sheico C	230,0–290,0	260,0
16.	Sheico K	180,0–220,0	350,0
17.	Sheico D	180,0–220,0	370,0
18.	Sheico B	180–220	300,0
19.	Sheico F	220,0–250,0	350,0
20.	Yamamoto №38	170,0	513,0
21.	Yamamoto №39	130,0	520,0
22.	Yamamoto №40	170,0	620,0
23.	Yamamoto №45	210,0	720,0
24.	Yamamoto №50	230,0	710,0
25.	Daiwabo № 35	240,0	600,0–650,0
26.	Daiwabo № 30	200,0	500,0
27.	Heiwa SK	210–240,0	800,0–840,0
28.	Heiwa EX	210–240,0	700,0–720,0
29.	National NS	200–230,0	460,0–500,0
30.	National DT	200–230,0	531,0–520,0

Представленные данные могут использоваться при конфекционировании пакетов материалов для подводных работ.

Объемная плотность материалов находится в диапазоне от 130 до 270 гр/м³, формируя при этом относительно близкие параметры для теплоизоляционных свойств вспененных хлоропеновых каучуков.

Однако процессы проектирования требуют соотношения данных по объемной плотности материалов с их поверхностной плотностью, которую определяет толщина полотен.

С целью установления параметров поверхностной плотности и геометрических характеристик толщины материалов для исследований в качестве образцов были взяты вспененные материалы типа неопрен различных производителей: Yamamoto, National, Sheico, Heiwa, Daiwabo [104–113].

Согласно ГОСТ 3811-72 [150], но с учетом структуры материалов типа вспененной резины была экспериментально определена поверхностная плотность типовых материалов типа неопрен. На основе ГОСТ 29104.2-91 [151], ГОСТ 269-66 [152] была определена толщина образцов вспененных материалов типа неопрен. Результаты измерений представлены в таблице Д.1 Приложения Д и на рисунке 28.



Рисунок 28 – Параметры поверхностной плотности образцов типовых вспененных материалов типа неопрен (для гидрокостюмов): * – толщина материала, мм

Анализ экспериментально полученных данных позволяет получить геометрические и структурные характеристики типовых вспененных материалов (показатели толщины и поверхностной плотности), а также выделить неопрен марки «Yamamoto» по показателям плотности, которая необходима для более глубоких погружений, так как может обеспечить ускоренное восстановление после обжима на глубине в процессе эксплуатации.

С целью выявления опорных материалов, имеющих наиболее эффективные показатели важных для защитного гидрокостюма сварщика свойств, были проведены экспериментальные исследования и установлены данные степени гидрофобности материалов, представленные в таблице Д.2 Приложения Д. На основе ГОСТ 3816-81 [153], ГОСТ 9.030-74 [154] определены значения водопоглощения, представленные в таблице Д.2. В результате сравнения двух методов исследования водопоглощения, руководствуясь ГОСТ 9.030-74, были выдержаны следующие условия измерений: масса образцов определяется взвешиванием на воздухе, в дистиллированной воде; продолжительность испытаний – 24, 72, 168 ч; удаление среды с поверхности образцов происходит за счет сушки до 4 с фильтровальной бумагой или тканью.

На основе ГОСТ 29104.21-91 [151], ГОСТ 10201-75 [155] экспериментально определены значения жесткости материалов. На основе сравнительного анализа двух методов исследования жесткости, руководствуясь ГОСТ 10201-75, были выдержаны следующие условия измерений: предварительное прогревание образцов при температуре $(80 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 20–25 мин; подбор нагрузки в 50 гс и некоторой произвольной нагрузки (примерно соответствующую ожидаемой жесткости); операция по подбору нагрузки повторяется несколько раз (в каждом случае на новом образце) и находится искомая величина нагрузки (включающая и предварительную нагрузку 50 кгс).

На основе ГОСТ 16218.9-89 [156], ГОСТ Р 54553-2019 [157] были определены значения параметров деформации при одноосном растяжении до разрыва (экспериментальное оборудование – релаксометр типа «стойка» с ценой деления 1 мм [157]), что важно для характеристики их способности

противодействовать изменению формы при различных видах деформации (на участках гидрокостюма). На основе сравнительного анализа двух методов исследования жесткости, руководствуясь ГОСТ Р 54553-2019, были выдержаны следующие условия измерений: образцы помещаются в зажимы устройства для определения остаточного удлинения таким образом, чтобы они располагались симметрично для равномерного распределения растяжения по площади поперечного сечения; время растяжения – 15 с; время выдержки при установленном удлинении – 10 мин; время выдержки образцов для "отдыха" – 10 мин.

С целью определения максимальной нагрузки, которую выдерживают материалы, то есть для оценки ресурса их прочности на разрыв, на основе ГОСТ 3813-72 [149], ГОСТ ISO 37-2020 [158] определена прочность материалов на разрыв с использованием оборудования для испытаний на растяжение образцов.

Исследованы также характеристики деформационных свойств выборки вспененных материалов для основы оболочки гидрокостюма: полная деформация (упругая, эластическая, пластическая деформации). Результаты испытаний представлены в таблице Д.2 (Приложение Д).

Результаты систематизации данных экспериментальных исследований физико-технических параметров опорных вспененных материалов для гидроодежды представлены на рисунке 29.

Проведенный анализ полученных экспериментальных данных о физико-технических характеристиках типовых вспененных материалов типа неопрен, представленных в таблице Д.2, позволил выявить, что наибольшим процентом водопоглощения обладает неопрен от производителя (фирмы) «Heiwa», большей гидрофобностью обладает – неопрен фирмы «Yamamoto» марки «Yamamoto-45».

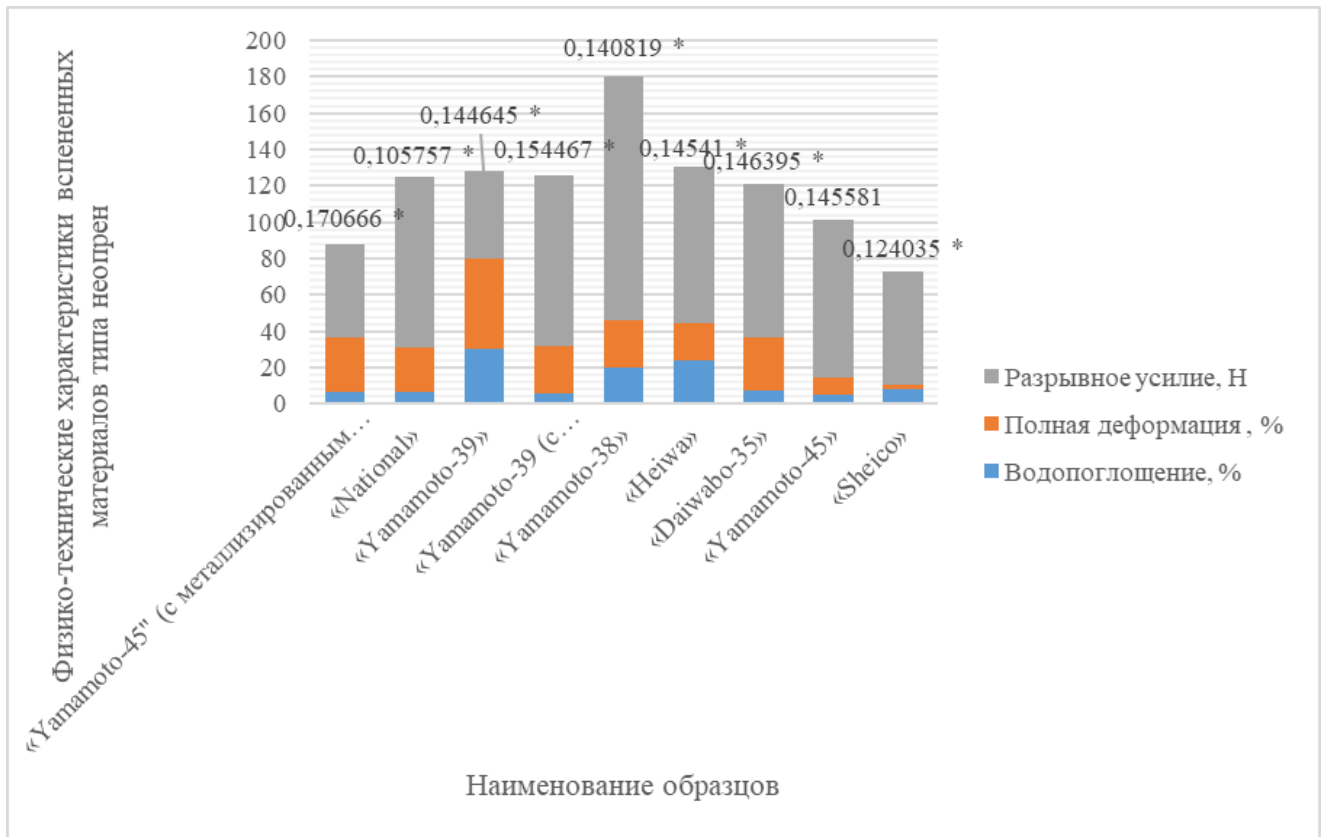


Рисунок 29 – Физико-технические характеристики опорных типовых вспененных материалов типа неопрен: * – Жесткость, Н·см²

Гидрофобный эффект используемых материалов важен в гидрокостюмах, так как он сокращает контакт тела и влаги. Наибольшей жесткостью из представленных образцов материалов обладает неопрен марки «Yamamoto-45» с трикотажным покрытием, а наименьшей – неопрен от компании «National».

Характеристика показателей деформации показала, что наибольший процент необратимой деформации характерен для материалов марок «National» и «Yamamoto» с трикотажным покрытием, а нулевой процент деформации – марок «Heiwa», «Daiwabo», «Yamamoto», «Sheico».

Анализ полученных данных, представленных на рисунке 29, позволяет выделить вспененный материал марки «Yamamoto-38» и «Yamamoto (с трикотажным покрытием)», особенностью которого являются отличительная формоустойчивость к деформациям, высокая эластичность, высокая прочность к разрывным нагрузкам.

Согласно полученным экспериментальным данным можно выделить два материала – марок «Heiwa» и «Yamamoto».

Таким образом, вспененный материал марки «Yamamoto» характеризуется высокой мягкостью, растяжимостью и эластичностью, имеет высокие показатели устойчивости к механическим растяжениям. Согласно данным [104–112], гидрокостюм из данного материала сохраняет тепло на глубине до 20–25 метров и обеспечивает высокую формоустойчивость, что позволяет восстанавливать исходные характеристики после циклов компрессии на глубине [104–112].

Неопрен «Heiwa» уступает «Yamamoto» по показателям мягкости и эластичности, однако данный неопрен более износостоек, чем «Yamamoto», согласно данным [104–112]. Кроме того, существующие данные о гидрокостюме из «Yamamoto» сохраняет тепло человека на глубине до 40–60 метров, то есть, существует опыт, который показывает, что данный материал обладает высокой теплоизоляцией [104–112].

Теплоизолирующие и прочностные свойства гидрокостюма напрямую зависят от его толщины.

Ориентировочное усредненное соотношение температуры воды и толщины «мокрого» гидрокостюма приведено в таблице 10 [10–12].

Таблица 10 – Ориентировочное усредненное соотношение температуры воды и рекомендуемой толщины «мокрого» гидрокостюма в части вспененного слоя [10–12]

Температура воды, °С	Толщина материала, мм (не менее)
Более +27,0	1,0...2,0
Не менее +20,0	3,0
Не менее +15,0	5,0...6,0
+4,0... +14,0	7,0
Менее +4,0	9,0

Представленные данные будут учтены при выборе толщины опорной части слоя оболочки гидроодежды при конфекционировании пакетов материалов для подводных работ с учетом условий внешней среды. Однако такие параметры оболочки усредненно рассматриваются для условий ныряния и кратковременного разового погружения в воду. Длительное нахождение на глубине для выполнения сварочных работ не может быть обеспечено такими минимальными параметрами толщины оболочки и требует дополнительных исследований.

Кроме того, в основе неопрена используется вспененный каучук, температура плавления, которого составляет 40–120 °С [104–112]. Это позволило установить, что термостойкости вспененных материалов недостаточно для формирования необходимой термостойкости оболочки гидрокостюмов для подводной сварки в зонах категории «участок дополнительной изоляции».

Анализ ассортимента неопрена показал, что рынок современных материалов предлагает варианты термостойкого неопрена, характерным примером которых является неопрен марки «Неопрен CR» [159], характеристики которого представлены в таблице Д.3 Приложения Д.

Анализ представленных данных позволяет установить низкий показатель растяжимости и высокой твердости неопрена марки «Неопрен CR» [159], что не удовлетворяет требованиям эргономичности оболочки гидроодежды.

Однако изначально заявленные производителями термостойкие вспененные материалы существенно отличаются от рассмотренных выше опорных материалов типа неопрен для основной поверхности гидрокостюма. С этой целью проведения сравнительного анализа физико-технических характеристик неопрена марки «Неопрен CR» и вспененных материалов других марок были проведены экспериментальные исследования. Результаты анализа показателей полной деформации образцов современных марок материалов типа неопрена разных производителей, включая термостойкий, получены на базе методики исследований – в соответствии с ГОСТ 3813-72, ГОСТ ISO 37-2020 (рисунок 30).

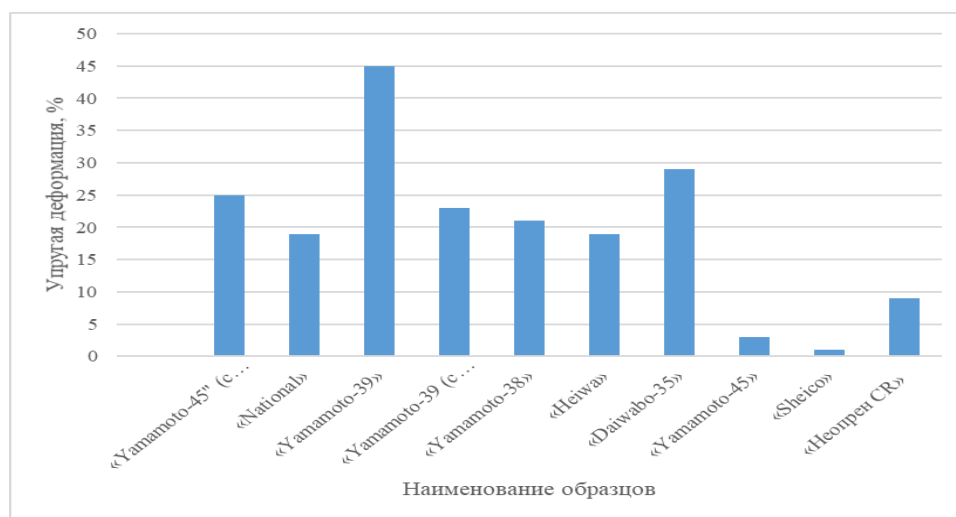


Рисунок 30 – График показателей упругой деформации образцов неопрена

Согласно представленному графику можно увидеть, что наибольший показатель упругой деформации, исчезающей сразу после прекращения нагружения, характерен для «Yamamoto-39» – 45 %, наименьшая деформация наблюдается у «Sheico» – 2 %. Показатель упругой деформации термостойкого неопрена составил – 9 %. Наибольший показатель эластической деформации характерен для неопрена фирмы «Yamamoto» – 4 %, отсутствие деформации наблюдается у «Daiwabo» и «Sheico» – 0 %. Эластическая деформация термостойкого неопрена – 1 % (рисунок 31).



Рисунок 31 – График показателей эластической деформации образцов неопрена

Анализ пластической деформации показал, что наибольший показатель необратимой деформации характерен для неопренов «Yamamoto-45» (с металлизированным покрытием типа SCS), National, он составил – 2 % (рисунок 32), для «Неопрена CR» характерно 0% пластической деформации.

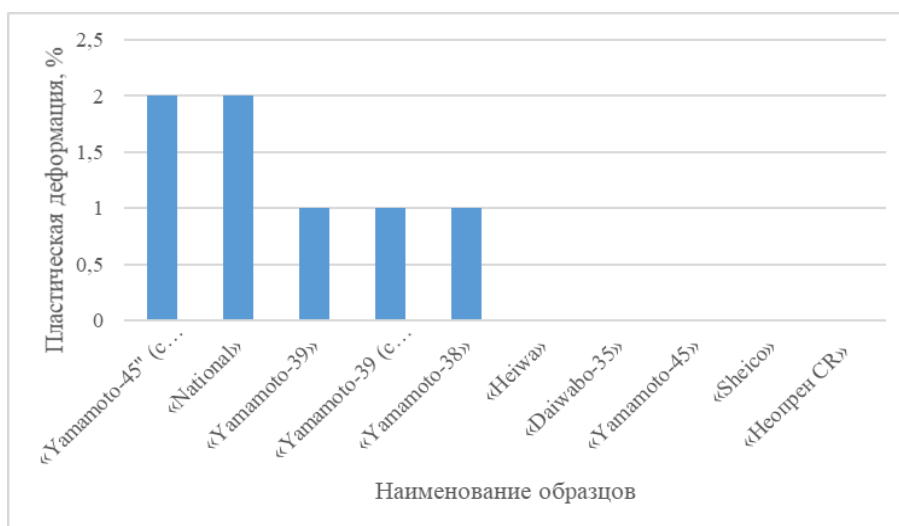


Рисунок 32 – График показателей пластической деформации образцов неопрена

Анализ представленных графиков позволяет обосновать применимость неопренов марки «Yamamoto-45», «Daiwabo» и «Sheico» в зонах наибольшей растяжимости, показатели деформации входят в предельные значения критерия эффективности параметров специальной защитной гидроодежды подводного сварщика (зоны туловища, верхних конечностей, локтевых и коленных суставов).

Немаловажной характеристикой таких материалов является достаточная гибкость для обеспечения эргономичности костюма в целом. С этой целью была определена способность ткани сопротивляться и сохранять изменению формы – жесткость на основе в соответствии с ГОСТ 29104.2-91 [151], ГОСТ 269-66 [152].

На рисунке 33 представлен полученный график, показывающий значения показателей жесткости испытуемых материалов.

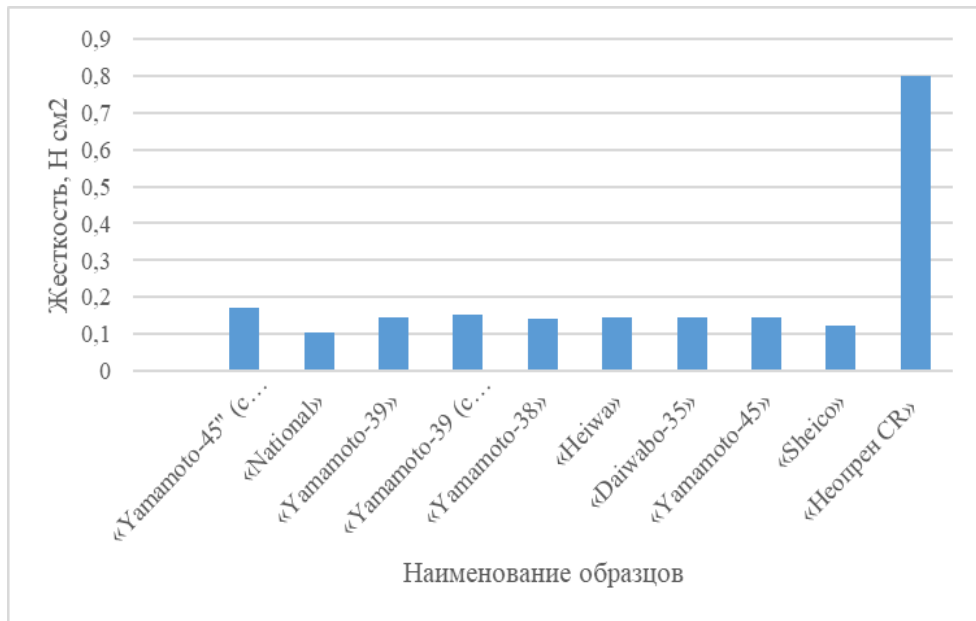


Рисунок 33 – График характеристик показателей жесткости образцов неопрена

Сравнительный анализ показателей жесткости показал, что жесткость термостойкого неопрена в 8 раз превышает показатели жесткости типовых вспененных материалов, что ведет к снижению общей гибкости оболочки гидроодежды. Следовательно, применение «Неопрена CR» в полизональной оболочке не допустимо, однако неопрен марки «Yamamoto» рекомендуется в зонах категории «прочность не менее 70 Н» и требования к повышенной растяжимости оболочки гидрокостюма для зоны туловища, верхних конечностей, локтевых и коленных суставов в качестве опорного.

Термостойкие неопрены уступают типичным по показателям эластичности, что снижает эргономические свойства костюма в целом и определяет невозможность прямой замены типичного неопрена имеющимися на рынке вариантами термостойкого, данных об устойчивости которых к предельным термическим рискам в виде раскаленных частиц металла, искр, пламени в сведениях производителей нет, что требует дополнительных исследований для оценки возможности применения таких материалов в исследуемой спецодежде.

3.3 Исследование термостойкости современных вспененных материалов для гидроодежды

На основе проведенных исследований, представленных в главах 1 и 2, установлено, что процесс подводной сварки характеризуется вероятностью прямого контакта раскалённой капли металла с поверхностью гидрокостюма. Предельным риском в условиях сварочного процесса является риск прямого контакта с пламенем. В воде данный процесс не поддерживается, однако сами параметры температурных рисков близки по величине разогрева металла к кратковременному воздействию огня в случае близости расположения контактной поверхности материалов к его источнику. Особенно данные условия приближены к моменту наличия газового пузыря вокруг капли горячего металла. Поэтому с целью определения устойчивости используемых материалов к данному виду воздействия были проведены экспериментальные испытания испытуемых образцов, основные характеристики которых представлены в Приложении Д.

Методика испытаний использована в соответствии с ГОСТ Р 12.4.297-2013 [160]. Условия испытаний: до начала исследований образцы выдерживают не менее 24 ч при температуре (20 ± 2) °С и относительной влажности (65 ± 2) %. Источник излучения пламени должен иметь следующие характеристики: время воздействия пламенем 10 с); общая длина (356 ± 2) мм; длина нагревающей части (178 ± 2) мм; сопротивление электрическому току 3,6 Ом ± 10 % при 1070°С. Температура в помещении для испытаний должна быть в пределах от 15 °С до 35°С, время непосредственного термического воздействия пламенем на образец 5 с (рисунок 34).

Образцы подвергались воздействию открытого пламени (800...1000 оС – с учетом установленных термических критериев к оболочке гидроодежды подводного сварщика) от горелки, направленной перпендикулярно (к центру) горизонтально расположенного образца.

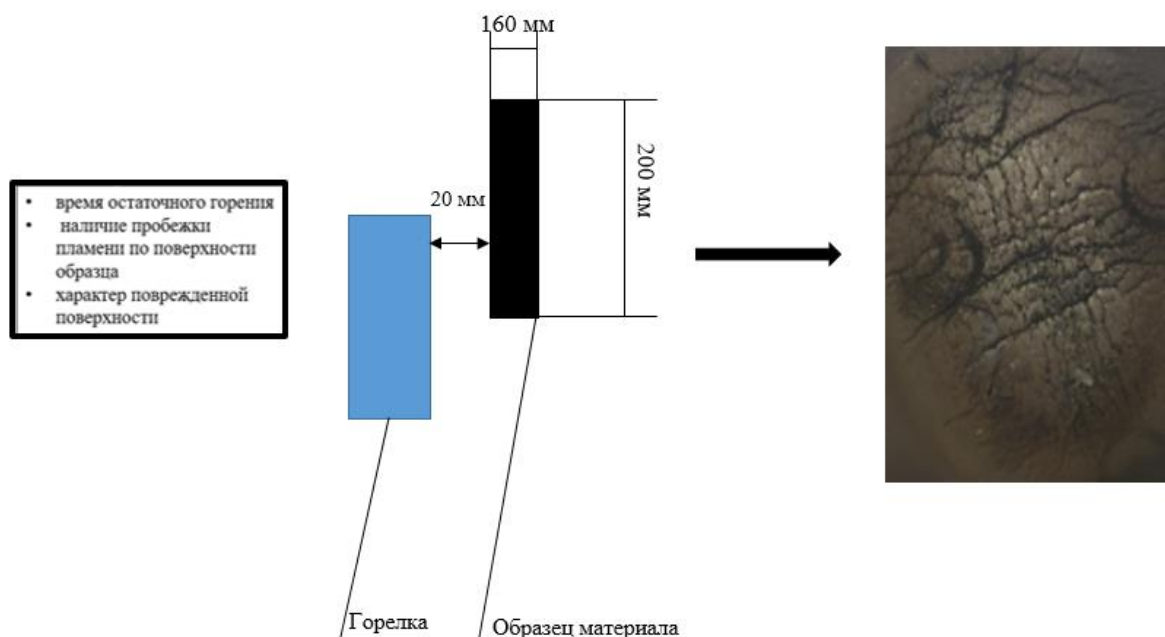






Рисунок 34 – Схема условий испытаний устойчивости образцов неопрена к прожигу

Высота племени горелки, измеренная как расстояние между верхней частью трубки горелки и верхом конусной желтой части пламени, составила $25,0 \pm 2,0$ мм. Для испытаний использовалась горелка с диаметром сопла $(2,0 \pm 0,1)$ мм и смесь пропана, бутана, изобутана. В пламя горелки на $14,0 \pm 2,0$ мм вводился образец таким образом, чтобы пламя горелки находилось по центру образца. Температура пламени горелки ($800\text{--}1000^\circ\text{C}$). Все пробы вносились в пламя горелки на 5 с.





Органолептический анализ повреждения поверхностей образцов материалов позволил выявить, что типовые неопрены не разрушаются полностью при возгорании [160] (в течение $2,0 \pm 1,0$ с), но наблюдается обугливание поверхности. При одноосном растяжении материала происходит потрескивание поверхности и утонение в области повреждения.

Характеристика повреждений образцов после контакта с открытым пламенем устанавливалась в соответствии (таблица 11).

Таблица 11 – Характеристики предельной термостойкости современных вспененных материалов испытываемых образцов

№	Образец	Внешний вид повреждения материала	Повреждение поверхности	Время воспламенения, с	Время затухания после вынесения из пламени, с
1	2	3	4	5	6
1.	«Yamamoto-45 (с металлизированным покрытием типа SCS)»		Поверхность материала трескается, отслаивание поверхностное покрытие, обугливание, утонение области повреждения, запах специфический, сквозного повреждения не обнаружено	1	10 ± 1,0
2.	«National»		Поверхность материала трескается, обугливание, запах специфический, сквозного повреждения не обнаружено	2	9 ± 1,0
3.	«Yamamoto-39»		Поверхность материала трескается, обугливание, утонение области повреждения, запах специфический, сквозного повреждения не обнаружено	1	9 ± 1,0
4.	«Yamamoto-39 (с трикотажным покрытием)»		Поверхность материала трескается, отслаивание поверхностное покрытие, обугливание, утонение области повреждения, запах специфический, сквозного повреждения не обнаружено	1	Более 20 с

Продолжение таблицы 11

	2	3	4	5	6
5.	«Yamamoto-38»		Поверхность материала трескается, обугливание, запах специфический, сквозного повреждения не обнаружено	2	$7 \pm 1,0$
6.	«Heiwa»		Поверхность материала трескается, утонение области повреждения, запах специфический, сквозного повреждения не обнаружено	1	$9 \pm 1,0$
7.	«Daiwabo-35»		Поверхность материала трескается, запах специфический, сквозного повреждения не обнаружено	2	$8 \pm 1,0$
8.	«Yamamoto-45»		Поверхность материала трескается, утонение, запах специфический, сквозного повреждения не обнаружено	2	$8 \pm 1,0$

Окончание таблицы 11

	2	3	4	5	6
8	«Sheico»		Поверхность материала трескается, отслаивание поверхностное покрытие, обугливание, утонение области повреждения, запах специфический, сквозного повреждения не обнаружено	1	Более 20 с
9	«Неопрен CR»		Поверхность материала трескается, запах специфический, сквозного повреждения не обнаружено	3 0	8 ± 1,0

Органолептический анализ повреждения поверхностей образцов материалов позволил выявить, что типовые неопрены не разрушаются полностью при возгорании [160] (в течение $2,0 \pm 1,0$ с), но наблюдается обугливание поверхности. При одноосном растяжении материала происходит потрескивание поверхности и утонение в области повреждения. Худший результат показали материалы с металлизированным покрытием типа SCS («Yamamoto-39», «Yamamoto-45»), возгорание происходит сразу после внесения в пламя, затухание пламени не наблюдалось более 20 с (принудительное тушение). Характер повреждения материала «Yamamoto-39 (с трикотажным покрытием)» – возгорание трикотажного покрытия происходит сразу после внесения в пламя, повреждение поверхности слоя неопренового материала меньше в отличие от показателей типовых неопренов. Сквозного повреждения не обнаружено. Термостойкий неопрен начинает гореть на 3 с, повреждения поверхности аналогичны показателям типовых неопренов.

Анализ результатов экспериментальных исследований современных вспененных материалов типа неопрен в аспекте их деформационных свойств позволил обосновать невозможность применения термостойкого неопрена [159], а также типовых материалов типа неопрен в качестве опорных в гидрокостюме, как в связи с существенными ограничениями ресурсу термостойкости к ожидаемым температурам электродного горячего металла, так и по параметрам, определяющим эргономичность и прочность деталей одежды для ожидаемых деформационных и эксплуатационных нагрузок на человеке в условиях сварочных работ. На основе экспериментальных исследований стало ясно, что термостойкие вспененные материалы, типа неопрен марки «Неопрен CR», неустойчивы к температурам, превышающим 130 °С, что не соответствует ожидаемой температуре термического воздействия на одежду под водой (порядка 900 °С).

Поэтому необходима разработка нового материала и его структуры, который на термически опасных участках позволит снизить риски прожигания одежды и последующих ожогов человека, обеспечивая при этом требуемые свойства для эргономичной эксплуатации одежды.

3.4 Разработка и исследование функционального материала для барьерной термической защиты гидрокостюма

3.4.1 Разработка бионической структуры барьерного покрытия поликомпонентного материала гидрокостюма

Характеристика термостойкости материалов определяется строением полимеров, видом пигментов, входящих в их состав, специальными покрытиями и технологией их получения. В таблице Е.1 Приложения Е представлены варианты термостойких покрытий [161–162].

Углеродсодержащие композиционные материалы характеризуются уникальными свойствами: удельной прочностью до 2600 °С, высокой жаростойкостью, ударной вязкостью, износостойкостью. Комплекс этих характеристик определяет приоритетность использование в теплонапряженных элементах конструкций изделий. Однако такие материалы при длительной эксплуатации склонны к ухудшению свойств [162]. Синтетические кислородосодержащие кремнийорганические полимеры содержат связь кремний-кислород в основной цепи, включают полисилоксаны, поликарбосилоксаны, полисилиловые эфиры. Такие материалы характеризуются низким поверхностным натяжением, термической стабильностью, высокой стойкостью к УФ-излучению, низкой температурой стеклования (T_g), химической и биологической инертностью. Кремнийорганические покрытия являются уникальными материалами, так как их термостойкость в несколько раз превышает показатели по сходным покрытиям [161–162]. Однако данный вид покрытия не отличается необходимой эластичностью, гибкостью.

Особенности химического строения полимерной цепи силиконов обуславливает наличие в них уникального сочетания морозостойкости и теплостойкости. Они характеризуются основными свойствами – эластичностью, упругостью, жесткостью, прочностью, формоустойчивостью, значительным удлинением и твердостью – в меньшей степени, чем у обычных резин [161].

Сополимеризация даже при умеренном содержании силиконовых смол более эффективна и может быть достигнута, например, с алкидами, фенольными смолами, эпоксидными смолами, акриловыми смолами и насыщенными полиэфирами. Силиконовые смолы, выдерживающие температуры выше 800 °С, находятся на вершине спектра эксплуатационных характеристик.

Смеси солей, слабые кислоты и щелочи, спирты, минеральные масла при нормальных температурах не изменяют свойств силиконовых резин. Силиконовые резины характеризуются низкими значениями адгезии к большинству других материалов [161, 162], что способствует лучшему скольжению с поверхности капель электродного металла.

Основные технические характеристики силиконовых материалов представлены в таблице Е.2 Приложения Е.

Технологическая адаптируемость и теплофизические свойства силиконовой резины для обеспечения дополнительной термоустойчивости поверхности гидрокостюмов делает силикон подходящим для применения в качестве поверхностного защитного слоя на основе (подложке) вспененных материалов типа «неопрен».

Основываясь на размерных характеристиках контактных частиц раскаленного металла – малые размеры около 2,0 мм [162], предложена концепция нового поликомпонентного материала на основе вспененных материалов типа «неопрен» с дополнительным термостойким силиконовым покрытием с эффектом барьерной защиты.

Участки контакта одежды, которые остаются в зоне вероятного риска прожигания, будут защищены за счет термостойких свойств дополнительного покрытия на основе специального типа силикона. Эффект барьерной защиты предусматривает снижение вероятности и площади контакта с опасными по температуре объектами (горячими каплями металлов) за счет выступов рельефной поверхности, расположенных специальным образом, и, как следствие, уменьшение рисков прожигания одежды (рисунок 35).

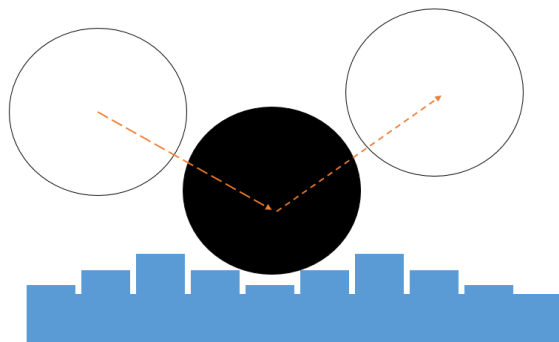


Рисунок 35 – Концепция эффекта барьерной защиты рельефной поверхности материала на основе специального типа силикона

С целью достижения обозначенных признаков барьерной защиты из силикона и сохранения эластичности и гибкости основного материала – неопрена при условии сопряжения с силиконовым покрытием, было рассмотрено новое решение поверхностной структуры в соответствии с предложенной структурой.

В процессе разработки рельефного рисунка внешнего слоя силиконового покрытия за основу были взяты объекты бионики чешуи рыб – как пример бионического покрытия с высокой степенью барьерной защиты.

Биологические системы развили широкий спектр механизмов отталкивания внешних частиц, которые стали основой барьерных поверхностей [163, 164].

Выборку составили исследования бионики поверхности морских рыб: характеристик их чешуи, так как именно чешуя рыб под водой выполняет защитную функцию от внешних возбудителей и хищников, улучшая гидродинамические способности рыб, обтекаемость, защиту от давления воды [164].

Кожа акулы является одним из таких примеров и покрыта жесткими костными зубьями (или чешуей), имеющими пластинчатую верхнюю часть с бороздками, которая сужается до основания, соединяемого с кожей. Кожа (чешуя) акулы имеет бороздки, расположенные вдоль тела, что уменьшает гидродинамическое сопротивление до 8 % [163, 164]. Акула использует особую структуру кожи для энергоэффективного и быстрого плавания в воде.

Исследования показали [163, 164], что поверхностная структура акульей кожи обладает высокой прочностью к механическим воздействиям, также позволяет с легкостью отталкивать «мусор», бактерии, вредителей за счет поверхностной структуры.

Таким образом, в качестве основы покрытия нового поликомпонентного материала была выбрана чешуя акулы.

В рамках решения поставленных целей создания нового защитного материала разработана рельефная структура его поверхности, обеспечивающая отталкивание внешних частиц за счет специального рельефа (бионическое подобие акульей кожи), формирующего направленное перемещение (скольжение)

потенциально горячих частиц по поверхности с минимальной площадью прямого сопряжения в основной поверхностью материала, что выполнено в соответствии принципам бионики на основе 3D-моделирования.

Акуляя кожа обладает сложной поверхностной микроструктурой: плакоидная чешуя – подвижные ромбовидные пластинки-зубчики с продольными бороздками на поверхности и шипом на конце. Особенность поверхности состоит в расположении чешуек, которые покрывают тело акулы в порядке, образующем «алмазный» узор, что и позволяет препятствовать прилипанию (сцеплению) с контактирующими частицами.

Учитывая, что форма чешуйки может быть различной, при проведении анализа бионической структуры акуляей кожи были выявлены наиболее распространенные ее особенности (рисунок 36) [163, 164].

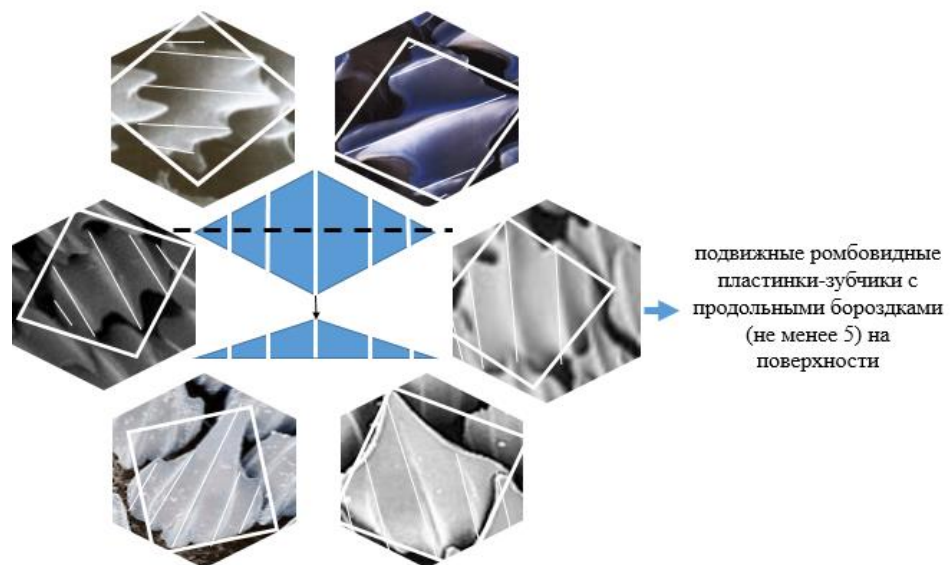


Рисунок 36 – Варианты формы плакоидной чешуи акулы

На основе анализа формы бионической плакоидной чешуи (расположения выступов) были выявлены основные размерные характеристики ромбовидных

элементов поверхностной структуры для защитного материала. Поверхность на основе силикона должна иметь: мелкие продольные пять выступов, образующих ромбовидную форму.

Согласно данным [163–164], выступы чешуек высотой ~ 50 мкм находятся на расстоянии ~ 120 мкм. Ряд чешуек с расстоянием ~ 100 мкм между каждыми двумя чешуйками. Конечное расстояние выступов и их соотношение меняются в зависимости от числа Рейнольдса (рисунок 37).

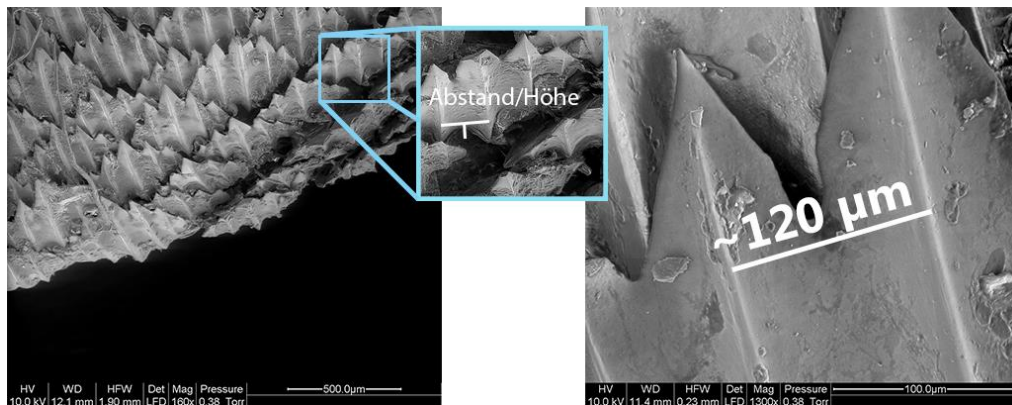


Рисунок 37 – Графическое представление плакоидных чешуек акул [163]

Модель структуры чешуи кожи акулы была специально разработана с использованием программы Blender (рисунок 38). Были определены расположения «зубьев» и их сочетание, поверхность полусферических бороздок.

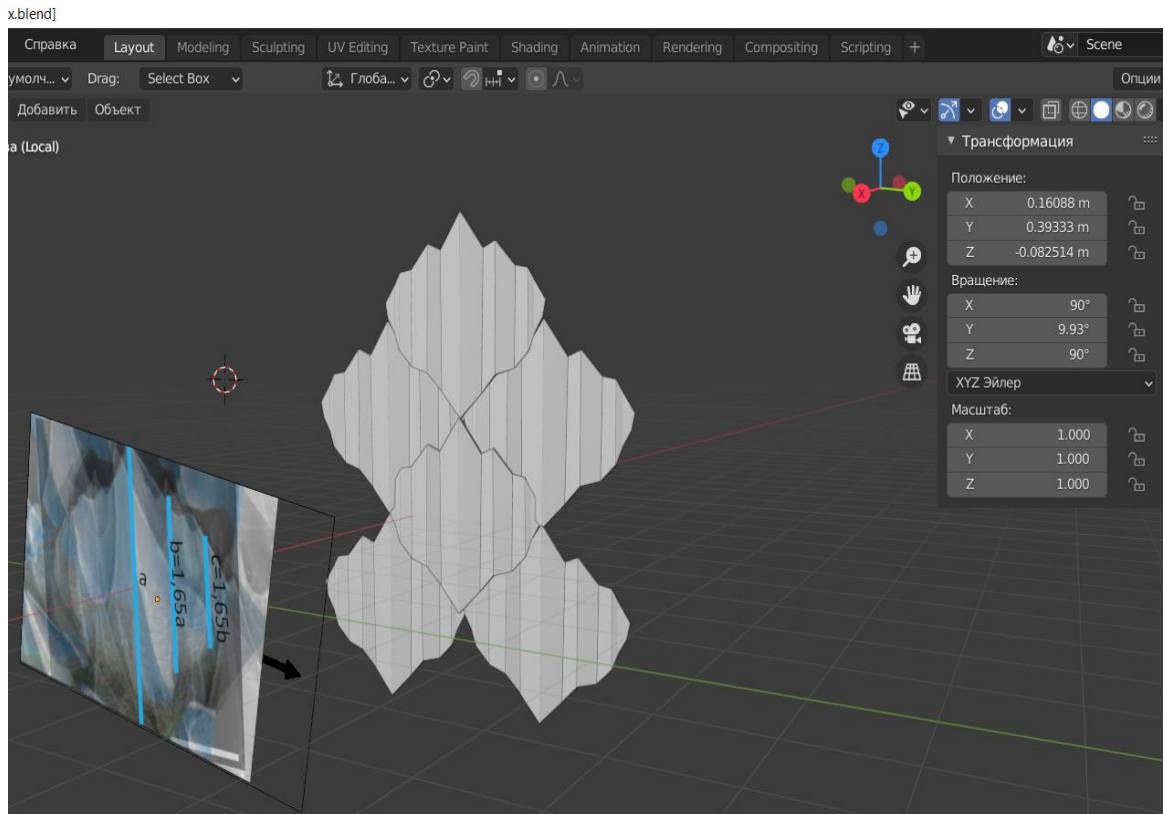


Рисунок 38 – Модель структуры акульей кожи

Поверхность поровну разделена на 5 областей, которые расположены параллельно и равноудаленно по 5 направлениям.

На рисунке показан вид репрезентативной модели чешуек и указаны основные геометрические параметры, определяющие ее форму: выступы шириной 2,0 мм имеют длину и высоту: первый и пятый – 6,5 мм и 1,0 мм, третий – 18,0 мм и 1,5 мм, второй и четвертый – 11,2 мм и 1,25 мм, расстояние между выступами составляет 2,0 мм. Такое расположение и высота выступов имитирует расположение бороздков чешуек акулы, что позволяет получить эффект отталкивания внешних частиц с поверхности (рисунок 39).

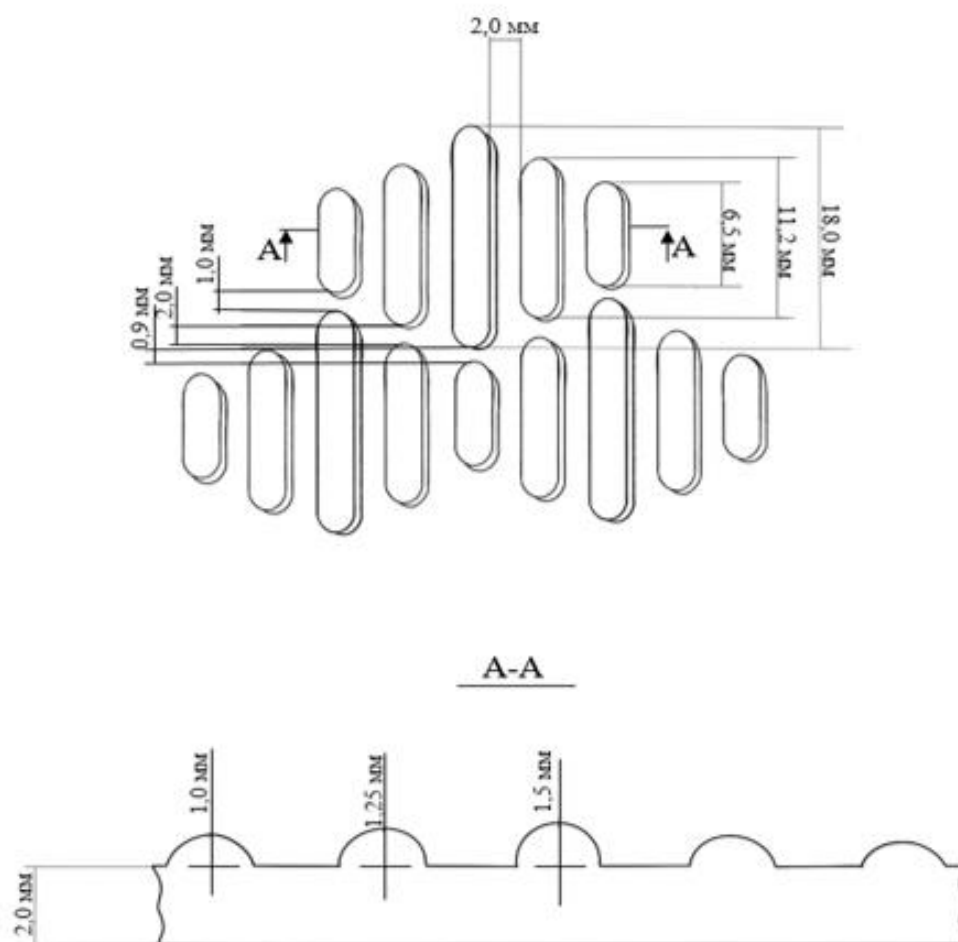


Рисунок 39 – Схема бионической рельефной структуры крупнее

С целью снижения общей толщины комплексного материала, толщина материала основы – «неопрена» установлена не более 5,0 мм.

3.4.2 Разработка технологии, изготовление и исследование термостойкого рельефного покрытия с бионической структурой

Формирование силиконового покрытия осуществлялось способом жидкого формования с использованием разработанной модели.

В этом методе используют компоненты двух типов, одни из которых с концевыми функциональными группами. При использовании этого метода исходные компоненты смешивают в литьевом устройстве, откуда смесь поступает

в форму, в которой происходят желатинирование материала и окончательное оформление изделия ссылка.

На основе разработанной схемы геометрической модели структуры акулеей чешуи (рисунок 39) в программной среде Autodesk Fusion 360 [165, 167] разработана цифровая модель рельефной поверхности формообразующей заготовки.

В качестве материала для формы-заготовки использовалось оргстекло толщиной 10,0 мм. Форма-заготовка изготовлена на трехкоординатном фрезерно-гравировальном станке с ЧПУ (числовое программное управление) с применением лазерных технологий.

Для преобразования кодированной информации о модели из Autodesk Fusion 360 в станцию управления станком использовалась программное обеспечение Mach3 [167] (рисунок 40).

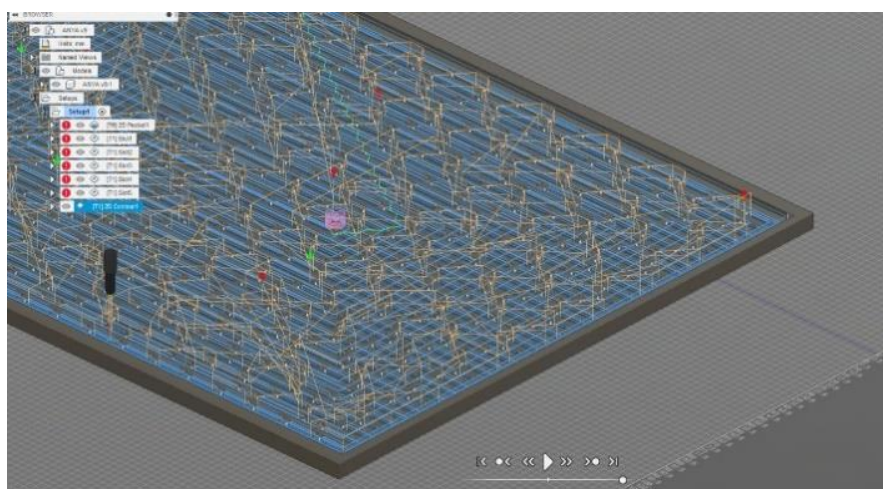


Рисунок 40 – Модель бионического рельефа формообразующей заготовки, выполненная в программном обеспечении (Autodesk Fusion 360)

На начальном этапе создания силиконового слоя на поверхность изготовленной формы-заготовки (из оргстекла) распределялась разделительная смазка-спрей, состоящая из восков и силиконов, диспергированных в смеси

растворителей, для снижения адгезионных свойств силикона и предотвращения его прилипания к форме-заготовке.

В качестве силикона-основы использовались два варианта с термостойкими свойствами Flexilis G710-900-2-5 (на основе платины) (диапазон температур – 90 °С до +900 °С) [168] и Alcorsil – 900-2-5 на основе олова (диапазон температур – 60 °С до +900 °С) [169]. Для литьевых силиконов на основе платины характерен длительный срок эксплуатации (более 12 месяцев): устойчивость к внешним возбудителям (механические и термические воздействия); устойчивость к критическим температурам; химическая и микробиологическая стойкость. Силиконы на основе олова характеризуются простотой формования.

Технические характеристики литьевых силиконовых материалов, взятых за основу, представлены в таблице Ж.1 в Приложении Ж.

С целью определения условий формирования рельефного термостойкого силиконового покрытия материала с заданной бионической структурой была разработана схема технологического процесса (рисунок 41). Разработаны требования к микроклимату в лабораторном (рабочем) помещении при работе с компонентами и материалами:

- температурные условия внешней среды – 20 °С – 25 °С;
- относительная влажность внешней среды – 60 % – 65 %.

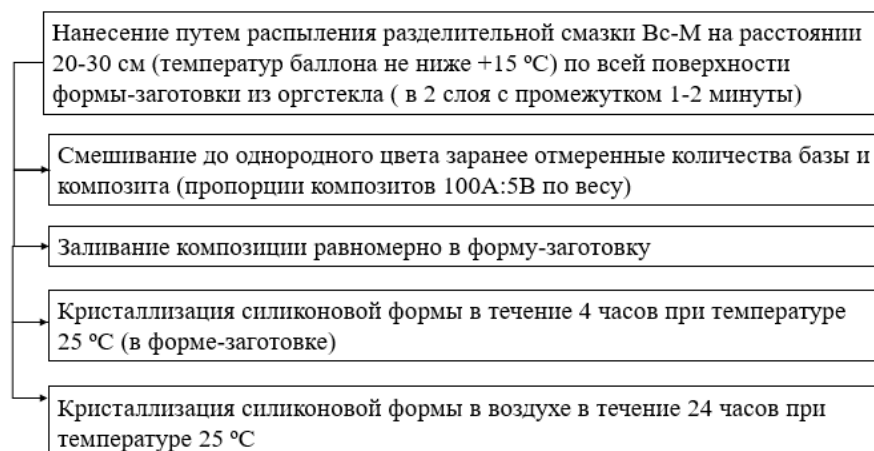


Рисунок 41 – Схема технологического процесса формирования рельефного силиконового барьерного термозащитного покрытия

На основе представленной схемы были изготовлены экспериментальные образцы рельефного термостойкого силиконового слоя нового материала с бионической структурой рельефа (рисунок 42).



Рисунок 42 – Внешний вид изготовленного образца нового силиконового термостойкого барьерного покрытия с бионической структурой рельефа

С целью обоснования выбора литьевого формовочного силикона в качестве приоритетной основы термостойкого покрытия были проведены экспериментальные исследования деформационных свойств полученных новых образцов с бионической структурой рельефа, определенных далее как барьерный материал на основе термостойкого силикона (сокращенно БТСМ) на разной силиконовой основе.

В соответствии с методологией получения рельефного покрытия материала, описанный выше, согласно рисунку, были изготовлены образцы БТСМ двух типов: ST-M-FI-900-2-5 (на основе силикона Flexilis G710) и ST-M-AI-900-2-5 (на основе силикона Alcorsil).

Оценка проводилась по показателю полной относительной деформации растяжения ГОСТ 29104.22-91 [151] и ГОСТ 269-66 [152] (рисунок 43), прочности на разрыв ГОСТ 3813-72 [150] и ГОСТ ISO 37-2020 [158] (рисунок 44). Немаловажной характеристикой таких материалов является степень

противодействия изменению формы под действием собственного веса для сохранения эргономичности костюма в целом. С этой целью была определена их жесткость на изгиб в соответствии с ГОСТ 29104.21-91 [151] (рисунок 45).

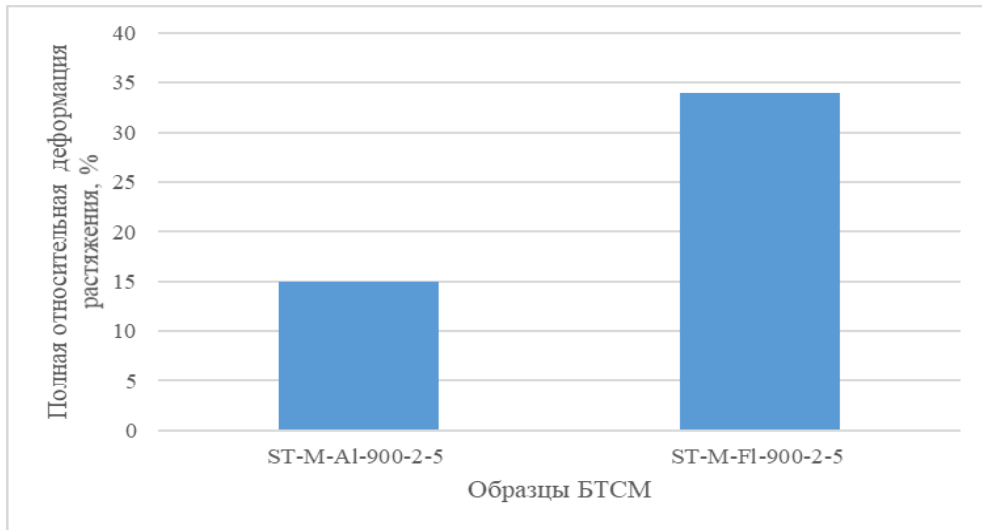


Рисунок 43 – Характеристики полной относительной деформации новых БТСМ

В соответствии с рисунком 43 полная относительная деформация растяжения нового БТСМ типа ST-M-FI-900-2-5 больше, чем у ST-M-AI-900-2-5 на 56 %, что позволит снизить усилия специалистов, затрачиваемые на растяжение материала до нужной длины в процессе выполнения движений в костюме на основе нового БТСМ. Таким образом, БТСМ типа ST-M-FI-900-2-5 рекомендуется использовать в зонах с повышенными критериями растяжимости в гидроодежде (зоны туловища, верхних конечностей, локтевых и коленных суставов). При этом важно учитывать прочностные характеристики полученных материалов при растягивающих нагрузках.

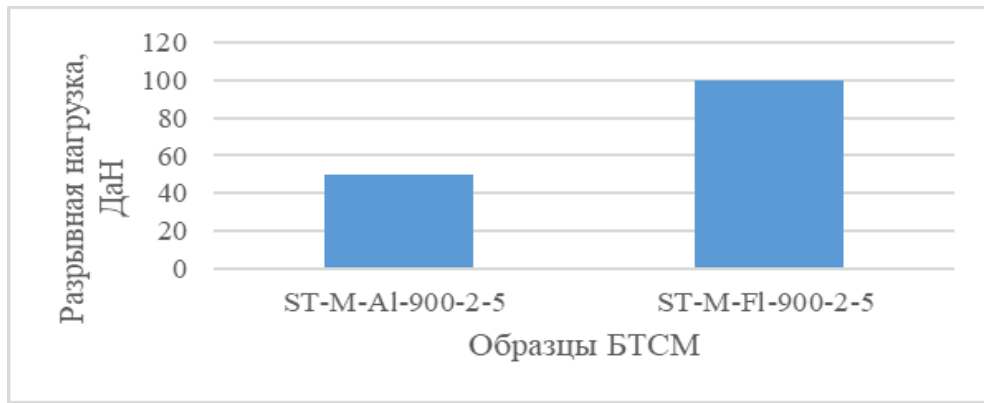


Рисунок 44 – Характеристики разрывной нагрузки новых БТСМ

В ходе испытаний было установлено, что новый БТСМ типа ST-M-FI-900-2-5 не испытал разрыва при нагрузке 100 ДаН, в отличие от ST-M-AI-315-2-5, разрывная нагрузка которого равна 50 ДаН, что позволяет обосновать высокую прочность первого типа БТСМ и рекомендовать в зонах категории повышенной механической защиты с рекомендуемыми критериями «прочность не менее 70 Н» и зонах повышенной растяжимости (зоны туловища, верхних конечностей, локтевых и коленных суставов).

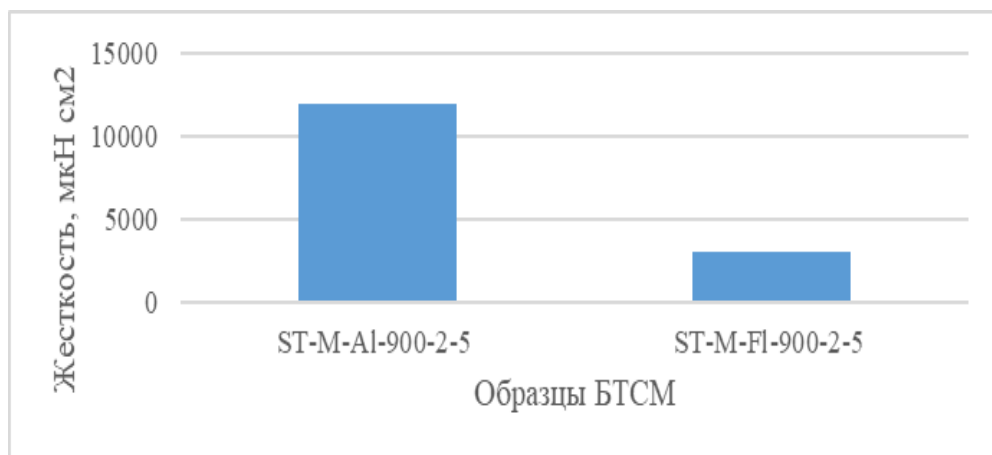


Рисунок 45 – Характеристики жесткости на изгиб новых БТСМ

Анализ рисунка показал, что жесткость на изгиб ST-M-AI-900-2-5 на 75 % больше данного показателя ST-M-FI-350-2-5, что обосновывает лучшую гибкость

формовочных силиконов на основе платины и предпочтительность такой основы для достижения высокой эргономичности элементов одежды из них.

С целью сохранения тепла у специалистов в процессе подводно-сварочных работ, для проектирования СИЗ рекомендуется применять материалы, которые не поглощают влагу, поэтому на основе ГОСТ 3816-81 [153], ГОСТ 9.030-74 [154] были определены показатели водопоглощения БТСМ (рисунок 46).

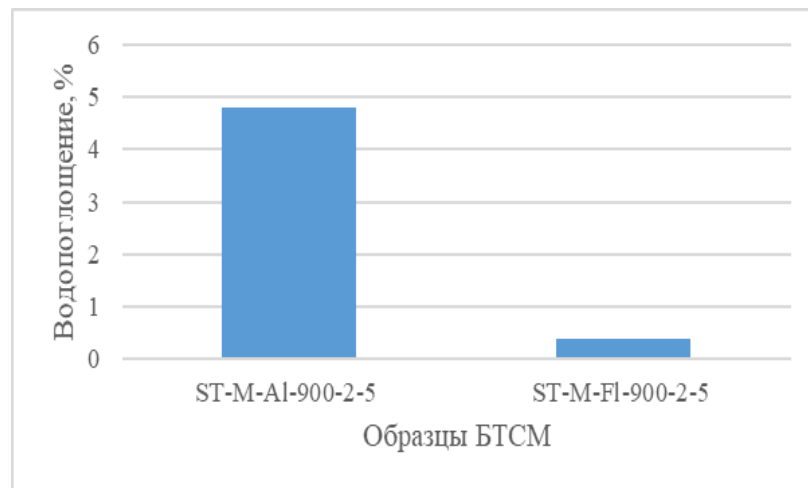


Рисунок 46 – Характеристики водопоглощения новых БТСМ

Анализ результатов рисунка 46 показал, что водопоглощение нового БТСМ типа ST-M-AI-900-2-5 больше данного показателя типа ST-M-FI-900-2-5 на 92 %, что позволит в разрабатываемом СИЗ за счет применения нового силиконового термостойкого покрытия материала с бионической структурой рельефа обеспечить ее теплоизоляцию в условиях водной среды и снизить вероятность утяжеления за счет поглощённой воды структурой материала.

Многофакторный анализ новых БТСМ показал, что показатель полной относительной деформации нового БТСМ типа ST-M-FI-900-2-5 выше, чем у ST-M-AI-900-2-5 на 56 %; а также характеристики жесткости на изгиб типа ST-M-AI-900-2-5 на 75 % выше данного показателя типа ST-M-FI-350-2-5, что обосновывает преимущество формовочных силиконов на основе платины для остужения высокой эргономичности элементов одежды из них. Испытания на разрыв при нагрузке новых БТСМ разного типа показали преимущество типа ST-M-FI-900-2-5 по

показателям прочности. Кроме того, водопоглощение нового БТСМ типа ST-M-AI-900-2-5 больше данного показателя материала типа ST-M-FI-900-2-5 на 92 %, что показывает приоритетность второго типа в условиях длительного пребывания одежды в подводной среде.

Систематизация результатов проведенного сравнительного анализа нового термостойкого материала на основе двух вариантов силиконовой основы позволила обосновать приоритетность ST-M-FI-900-2-5 в качестве основы для производства БТСМ и термостойкого поликомпонентного материала на основе силикона с эффектом барьерной защиты (сокращенно ТПСМ/Б), что обеспечивает компоненты технологии изготовления термостойкого рельефного покрытия материала с бионической структурой для деталей одежды подводного сварщика

3.4.3 Разработка, изготовление и исследование нового комплексного эластичного материала с барьерной термической защитой под водой

В соответствии с предложенной концепцией на основании результатов работы разработана общая схема структуры комплексного поликомпонентного эластичного материала с барьерной термической защитой под водой (рисунок 47).

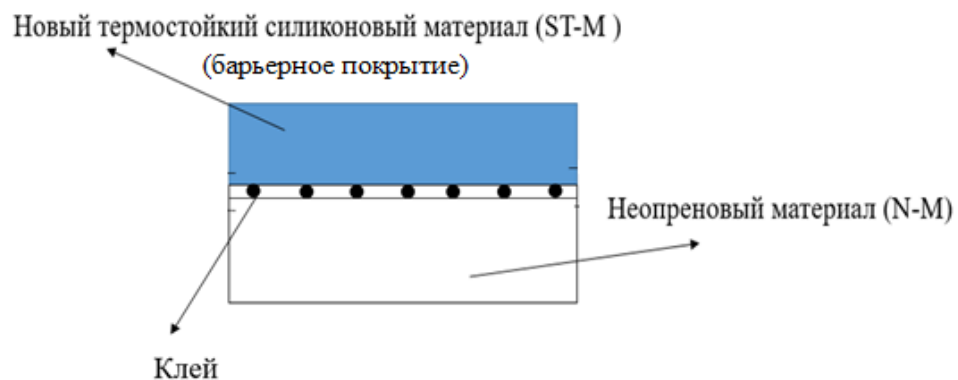


Рисунок 47 – Принципиальная схема структуры нового комплексного эластичного материала с барьерной термической защитой

Соединительный слой выполнен за счет нерегулярного точечного клеевого покрытия [104–112] с целью сохранения эргономичности гидроодежды. В качестве адгезивного вещества используется клей марки КЦА-3000 с параметрами вязкости 2000 – 3000 мПа/с и температурой застывания 20 °С – 25 °С.

С целью формирования и оценки эффективности термостойкой барьерной защиты были проведены экспериментальные испытания (на основе ГОСТ Р 12.4.297-2013 [160], ГОСТ Р 50810-95 [170]) для определения устойчивости разработанного комплексного материала к тепловому воздействию кратковременного открытого пламени с температурой горелки 900° С, что приближено к кратковременному термическому воздействию горячего металла, особенно в условиях газовых пузырей вокруг горячих капель. Согласно представленным стандартам, материалы для изготовления спецодежды от теплового излучения, выплесков расплавленного металла должны соответствовать требованиям стандартов о соответствии нормативным значениям показателя огнестойкости – отсутствие горения и тления испытуемых образцов (с учетом наличия в воде горячих капель металла в газовых оболочках, приравниваемых к условиям термических воздействий в воздухе).

В качестве объекта исследования использовался разработанный комплексный термостойкий эластичный материал, состоящий из двух слоев (рисунок 47): силиконовый термостойкий материал (далее материал ST-M / новый термостойкий материал Flexilis G710-900-2-5) на подложке из вспененного хлоропренового материала типа неопрен (далее материал подложки N-M) различной толщины производителя Sheico: барьерный материал на основе термостойкого силикона толщиной (толщиной 3,5 мм) + вспененный материал (3 мм); барьерный материал на основе термостойкого силикона толщиной (3,5 мм) + неопрен (5 мм); барьерный материал на основе термостойкого силикона толщиной (3,5 мм) + вспененный материал (7 мм); барьерный материал на основе термостойкого силикона толщиной (3,5 мм) + вспененный материал (9 мм). Соединительный слой: вещество, система, толщина. В таблице 12 представлены общие параметры исследуемых комплексных материалов.

Таблица 12 – Параметры исследуемых вариантов комплексных (двуслойных) термостойких эластичных материалов с барьерным рельефным покрытием

№ образца	Структура образца: ST-M / N-M	Толщина ST-M, м	Толщина N-M, м	Общая толщина образца, м
1	2	3	4	5
1	ST-M + N-M	0,0035	0,003	0,0065
2	ST-M + N-M	0,0035	0,005	0,0085
3	ST-M + N-M	0,0035	0,007	0,0105
4	ST-M + N-M	0,0035	0,009	0,0125

Условия проведения экспериментального исследования устойчивости нового комплексных термостойких материалов к тепловому кратковременному воздействию открытого пламени по ГОСТ Р 12.4.297-2013 [160] представлены в таблице И.1 в Приложении И.

Параметры эксперимента фиксировались тепловизором Flir i3 [171].

Последовательность проведения экспериментальных испытаний (рисунок 48):

1. Перед измерениями образцы в течение 24 часов выдерживались в помещении при соблюдении следующих параметров среды помещения: температура помещения +20 °С, относительная влажность воздуха 52 %. Температура открытой среды при проведении эксперимента составила 4 °С, влажность воздуха 87 %.

2. Образцы закреплялись на рамке. Горелка устанавливалась в горизонтальном положении на расстоянии от образца, равное 17 мм. Время воздействия пламени на образец – 10 с.

3. При проведении испытаний регистрировались: время остаточного горения, наличие пробежки пламени по поверхности образца, характер поврежденной поверхности.

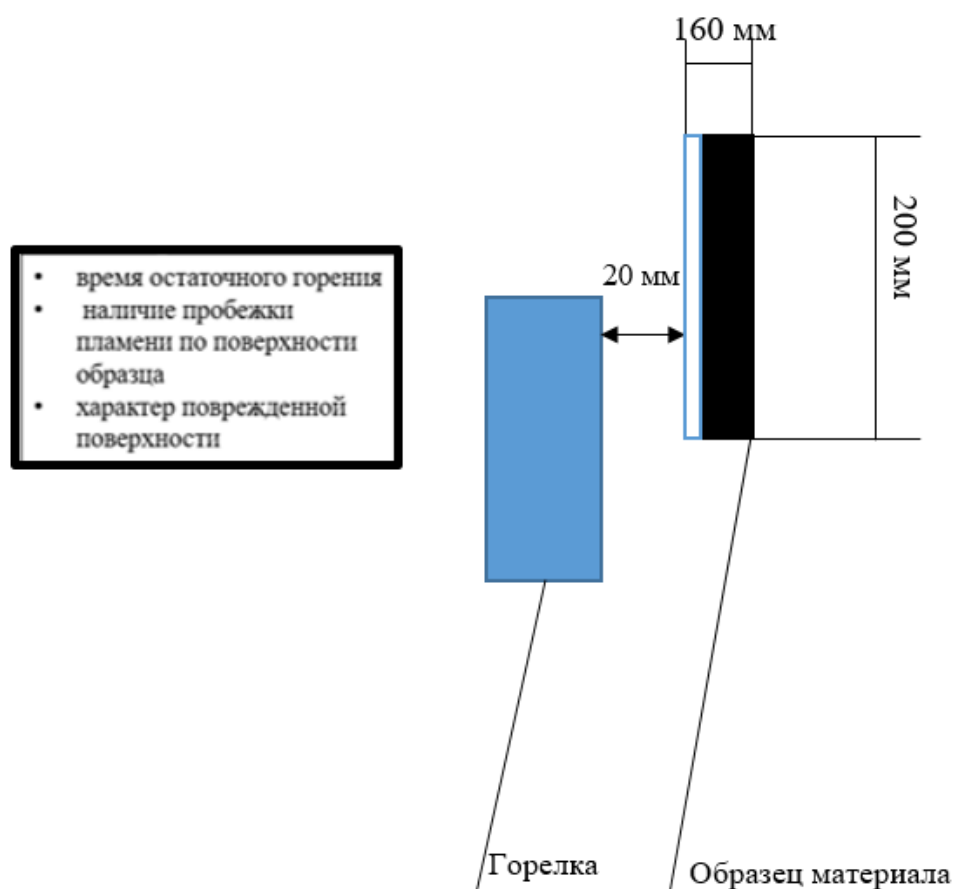


Рисунок 48 – Схема организации экспериментального исследования влияния критического термического воздействия на устойчивость структуры нового комплексного термостойкого материала

Процесс и результат оценки экспериментального воздействия на новый комплексный материал открытого пламени проиллюстрированы на рисунке 49, где представлены повреждения поверхности комплексного термостойкого материала с рельефной «бионической» поверхностью на силиконовой основе.

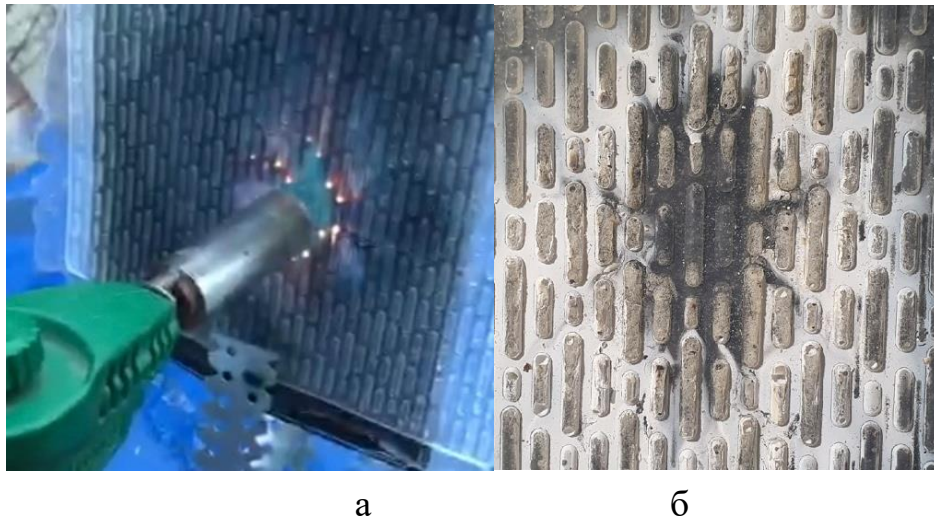


Рисунок 49 – Внешний вид повреждений комплексного термостойкого материала с рельефной «бионической» силиконовой поверхностью на вспененной хлоропреновой основе (а – процесс критического термического воздействия /огнем, б – поврежденная поверхность после кратковременного термического воздействия открытым пламенем)

Анализ результатов позволил установить, что для разработанного комплексного термостойкого материала с рельефной «бионической» силиконовой поверхностью на вспененной хлоропреновой основе характерно проявление повреждений на поверхности выступов, но при этом основание силиконового покрытия материала не повреждается от исходных параметров за счет специальной бионической структуры рельефа, отталкивающей не только прямые контактные частицы, но и перераспределяющей направление растространения пламени. Характер пробежки пламени по поверхности образца в процессе воздействия – незначительно, прекращается сразу после отсутствия воздействующего пламени. Незначительное возгорание происходило при условии превышения времени воздействия более нормативных 10 с нахождением в пламени, затухание – сразу после прекращения воздействия пламенем. Однако даже при наличии газовых пузырей вокруг раскаленных частиц электродного металла воздействие высокой температуры, приближенное к кратковременному воздействию пламени, не поддерживается в воде, поэтому увеличение времени термического воздействия на материал не требуется.

С целью создания барьерной защиты, не препятствующей нормальной динамике движения потребителя, а также способной адаптировать свою форму под действием внешних деформаций на изгиб, на основе ГОСТ 29104.2-91 [151] с учетом ГОСТ 10201-75 [155] экспериментально установлена зависимость полной относительной деформации растяжения нового комплексного вспененного материала от его толщины (20) представленная графически на рисунке 50.

$$y = -12.8651 - 6.3739 \ln(x) \quad (20)$$

где y – полная относительная деформация растяжения, %; ; x – толщина нового комплексного термостойкого материала, м.

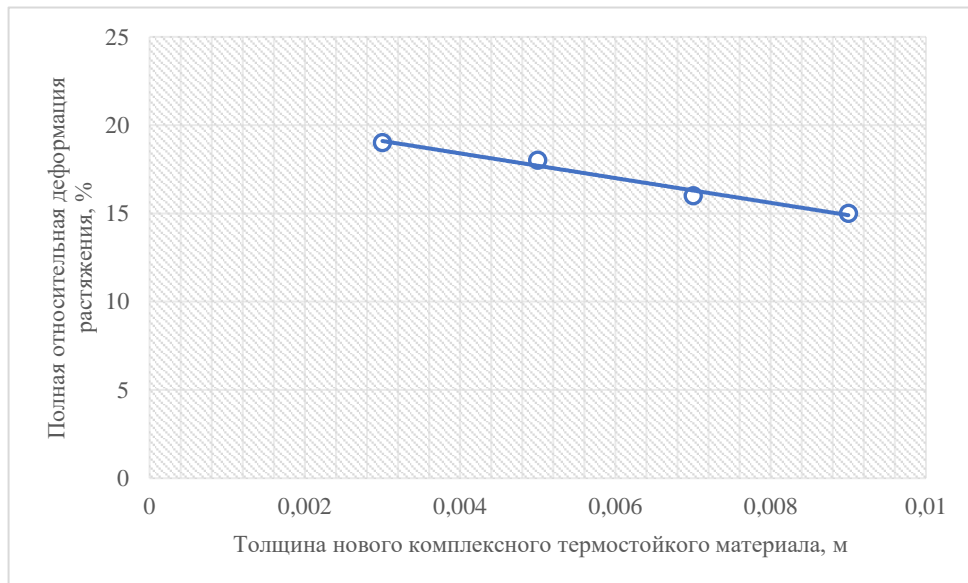


Рисунок 50 – Зависимость полной относительной деформации растяжения нового комплексного вспененного материала с барьерным термостойким силиконовым покрытием от его толщины

При этом с увеличением толщины комплексного материала формируется логическая зависимость к повышению его жесткости на изгиб, что может стать причиной снижения эргономичности разрабатываемой одежды, а также снизить

качество результатов технологического процесса ее производства. Исходя из этого, целевым критерием для толщины таких материалов может являться ее минимизация, однако эффективную толщину определяет не только жесткость, но и прочностные, теплозащитные и другие свойства одежды, что формирует комплексную систему критериев определения эффективных параметров материала для заданных условий применения одежды.

Проведенный анализ результатов физико-механических исследований нового комплексного материала позволил выявить снижение показателей деформации растяжения и повышение значений жесткости комплексных материалов в зависимости от их толщины и плотности, что позволило определить рекомендации по формированию комплексного материала для создания СИЗ (одежды и других изделий защиты человека) от воздействий факторов сварочного процесса под водой.

При этом с целью сохранения тепла и эргономики человека, а также устойчивости к термическим воздействиям внешней среды специалиста в гидрокостюме на основе нового комплексного термозащитного материала, а также на основе существующих требований [104–112] рекомендуется, целесообразно применение материала толщиной не более 0,01...1,011 м. На основе результатов исследования показателей жесткости, полной относительной деформации растяжения, прочности на разрыв комплексного термостойкого материала толщиной 0,01 м было установлено, что рекомендуемые толщины слоев нового термостойкого материала – вспененная основа типа неопрен толщиной 7 мм + барьерного материала на основе термостойкого силикона толщиной 3,5 мм (включая рельефные выступы) с общей толщиной комплексного материала 10,5 мм. позволяют сохранить необходимую эластичность разрабатываемого вида одежды и других сопутствующих СИЗ к одежде, что обеспечивает нормальное функционирование специалиста в нем с точки зрения эргономики и общих рекомендаций по теплоизоляции в воде.

На разработанный новый комплексный материал с поверхностной бионической рельефной структурой и барьерной термической защитой от

воздействия раскаленных капель металла под водой получен патент на изобретение РФ 2756454 (Приложение К) [172].

Техническим результатом представленного изобретения является повышение устойчивости основных материалов и деталей одежды специального назначения к рискам температурного прожигания и механическим воздействиям.

Достигнутые технические результаты далее важно интегрировать в систему процессов проектирования и производства специальной одежды для подводной сварки в условиях современной швейной промышленности путем разработки и внедрения соответствующих методов и средств.

Выводы по третьей главе

1. Разработана концепция структуры полизональной оболочки термозащитного гидрокостюма для подводной сварки, подразумевающая распределение деталей оболочки на детали повышенной термической защиты, повышенной механической защиты, нейтральные детали из типовых материалов с установленными физико-техническими критериями для обеспечения эргономичности и стабильности защитного эффекта создаваемой одежды.
2. Проведены теоретические и экспериментальные исследования современных вспененных материалов и разработаны элементы информационной базы некоторых их физико-технических характеристик, включая устойчивость к критическим термическим рискам. С точки зрения обеспечения необходимой эластичности в качестве варианта основы оболочки новой термозащитной гидроодежды экспериментально обоснован вспененный материал марки «Yamamoto».
3. Экспериментально установлено, что существующие термостойкие неопрены уступают типовым по показателям эластичности, что снижает эргономические свойства костюма; неустойчивы к температурам, превышающим 130 °С, то есть, не

соответствуют разработанным термическим критериям к поверхности гидроодежды сварщика, обостряя необходимость создания высокоэластичного и одновременно термостойкого нового материала для эксплуатации в воде.

4. Обоснована и разработана модель (геометрическая и цифровая) бионической структуры барьерного покрытия поликомпонентного материала гидрокостюма на основе исследования и цифровой обработки плакоидной акулевой чешуи, которая позволила получить уникальную поверхность барьерного покрытия с рельефом, снижающим площадь контакта и, соответственно, степень разрушающего воздействия на одежду со стороны горячих частиц сварочного металла.

5. Установлены состав термостойкого рельефного покрытия, разработан и апробирован технологический способ его изготовления на основе специально установленных типов термостойкого силикона. Изготовлены образцы барьерных термостойких силиконовых материалов (БТСМ) для покрытия оболочки гидроодежды, которые экспериментально исследованы механические свойства, что позволило выявить эффективность применения в качестве исходного полимерного компонента силиконовую основу ST-M-FI-900-2-5.

6. Разработана концепция, элементы технологии проектирования и производства нового комплексного полимерного материала на основе термостойкого силиконового покрытия с поверхностной «бионической» структурой и вспененного хлоропрена, обеспечивающих достаточные для эргономики гидрокостюма эластичные свойства и эффективный барьер от термически опасных частиц, что доказано экспериментально при тестировании в критических условиях воздействия открытого пламени, которое для краткосрочного момента может быть рассмотрено идентичным термическому воздействию горячего металла в газовом пузыре в воде.

7. На новый разработанный материал получен Патент Российской Федерации на изобретение RU 2756454 «Термостойкое силиконовое покрытие с поверхностной рельефной структурой».

4 РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ПОДВОДНОГО СВАРЩИКА И ОЦЕНКА ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ

4.1 Разработка алгоритма автоматизированного проектирования термозащитной гидроодежды для подводной сварки

По итогам предыдущей главы созданы новые материалы и структура полизональной оболочки гидрокостюма подводного сварщика, что является основой для дальнейшего инженерного и технологического обеспечения проектных и производственных процессов. Учитывая, что современное швейное производство – это производство с высоким уровнем автоматизации проектных работ, а развитие цифровых производственных систем – это залог высокой конкурентоспособности в промышленности, требуется разработка алгоритма автоматизированного проектирования термозащитной гидроодежды для подводной сварки.

Особенностью процесса автоматизированного проектирования защитной одежды для подводной сварки является расширение типового маршрута проектирования одежды с включением новых проектных процедур. Такими новыми проектными процедурами являются процедуры, обеспечивающие выявление необходимых фактических параметров пакета материалов для различных зон одежды с учетом прогнозируемых термо-гидродинамических условий применения СИЗ во время сварочных работ. Методическим и информационным обеспечением для реализации такой проектной процедуры являются результаты, полученные в главах 2 и 3, в виде математических моделей

прогнозирования термических параметров оболочки одежды в зависимости от их свойств и условий водной среды. То есть, кроме ввода обычных исходных данных, мы должны предусмотреть процедуры ввода исходных данных по глубине, солености, скорости и температуре воды, на основе чего ввести расчет температуры контактного термического воздействия. И тогда в рамках данной проектной процедуры выполняется принятие решения о необходимой термической стойкости барьерного материала и далее комплектация необходимыми материалами с установлением ориентировочной толщины оболочки для функциональных зон.

На рисунке 51 представлен разработанный опорный маршрут автоматизированного проектирования защитного гидрокостюма сварщика в виде соответствующего алгоритма.

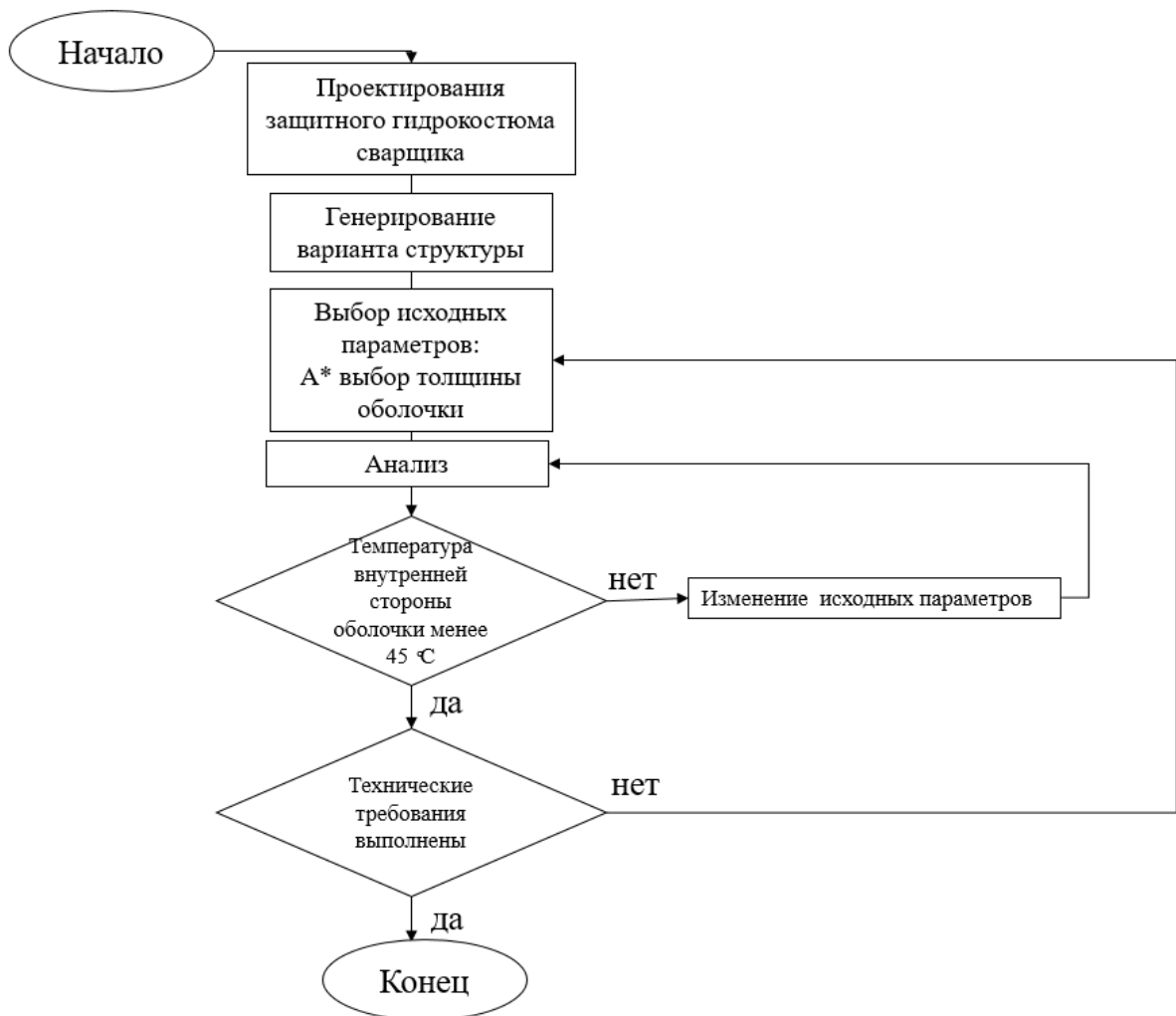


Рисунок 51 – Алгоритм автоматизированного проектирования термозащитной гидроодежды для подводной сварки с функцией оценки термической безопасности

Разработанный алгоритм процесса проектирования защитной одежды для подводной сварки имеет новый блок оценки термической безопасности такого вида СИЗ для заданных условий с учетом спроектированной толщины оболочки, что требует дополнительных исследований с применением методов математического моделирования и теплотехнического анализа систем.

4.2 Моделирование и автоматизированная оценка термической безопасности подводного сварщика в защитной гидроодежде

4.2.1. Обоснование и разработка методики моделирования процессов теплопередачи в многослойной оболочке одежды в воде в автоматизированном режиме

Для реализации специального блока А в разработанном алгоритме автоматизированного проектирования термозащитной одежды для подводной сварки (рисунок 52) проведены исследования, позволяющие получить, внедрить и апробировать формализованный инструмент (способ) автоматизированной оценки параметров одежды под водой с точки зрения их термической безопасности для тела человека. В основу концепции данного исследования положена следующая идея.



Рисунок 52 – Концепция автоматизированного способа оценки и прогнозирования термической безопасности человека в гидроодежде при подводной сварке

Предложенная концепция позволяет разработать способ автоматизированного прогнозирования термической безопасности человека в гидроодежде при подводной сварке и установить наиболее эффективные толщины защитной оболочки костюма в рамках поставленной задачи. Реализация данного способа основана на применении методов математического моделирования (в частности, методов моделирования процессов теплопередачи в многослойных оболочках).

Глобальная цель моделирования состоит в том, чтобы объяснить или предсказать какое-либо явление или процесс. Исходя из того, что различают два основных типа компьютерного моделирования [170–189]: моделирование на основе уравнений и имитационное агентное моделирование, компьютерное моделирование обоих типов используется для трех различных общих видов целей – прогнозирование, понимание и исследовательские цели.

Моделирование на основе уравнений применяется при условии разработки математических моделей, основанных на дифференциальных уравнениях, и дают

возможность описывать процессы (явления) в режиме реального времени [190, 193]. Иногда недостатком таких методик является отсутствие четко установленного алгоритма вывода уравнений (процесс их формирования основывается на полуэмпирических закономерностях), высокая сложность решаемых задач по моделированию. Опираясь на существующие два вида моделей (дескриптивная модель и модель поведения) [194], можно утверждать, что современные методы проектирования на основе описания процессов мультифизики являются основой для построения теоретически обоснованных расчетных схем решаемой в настоящем исследовании задачи.

Для случая, который рассматривается на данном этапе работы, следует учитывать, что вопросы теплопередачи в многослойной оболочке одежды представляют собой процесс в сложной геометрической системе, где существуют компоненты системы – слои материалов с принятыми стациональными теплофизическими свойствами, и есть компоненты, которые представляют собой часть более крупной системы – водного пространства, описываемого совокупностью законов термо– и гидродинамики с частично переменными свойствами среды и включенных в нее материалов и объектов. Среди актуальных методов математического моделирования нередко применяется многомасштабное моделирование (при котором объединяют элементы моделирования из разных масштабов описания), хотя часто используемым методом является серийное многомасштабное моделирование, где требуется выбрать область, смоделировать ее на более низком уровне описания, обобщить результаты в набор параметров, обеспечивающих модель более высокого уровня, и передать их в часть алгоритма расчета на более высоком уровне.

Чтобы решать значительное число типовых и нестандартных задач, опираясь на функциональные возможности специальных расчетное-визуализирующих платформ, которые являются инструментами для реализации математических моделей в численной форме в виде компьютерных моделей, подключаются возможности и достижения интенсивного развития цифровых технологий [194]. Это позволяет рассматривать численное моделирование как эффективный

современный инструмент для решения поставленных в работе задач, где на данном этапе рассматривается задача моделирования процессов теплопередачи в многослойных оболочках одежды в воде. В данных технологиях актуальным является метод конечных элементов (численный метод, используемый для выполнения анализа конечных элементов любого физического явления) [195].

С целью выявления особенностей и преимуществ существующих методик моделирования мультифизических процессов были изучены применяемые математические методы и средства разных производителей. Результаты систематизации и анализа представлены в таблице Л.1 Приложения Л [190–234].

В настоящее время широкое применение получили универсальные и открытые системы моделирования. Среди них широкое применение в промышленности имеет специализированная система, соответствующая поставленной задаче настоящей работы – пакет компьютерного моделирования мультифизических процессов «COMSOL Multiphysics». Данная система имеет в основе математический пакет, предназначенный для решения различных задач в различных областях физики, в том числе существуют классы задач, связанных с теплопередачей, теорией упругости, гидродинамикой [219], поэтому в ходе работы описание теплопередачи в системе «водная среда – горячая металлическая капля – многослойная оболочка гидроодежды – тело человека» в процессе подводной сварки будет производиться в пакете COMSOL Multiphysics с помощью метода конечных элементов.

Основным компонентом среды COMSOL является «Конструктор моделей» – инструмент, с помощью которого определяется модель и ее компоненты, такие как способы ее решения, анализ результатов и создание отчетов. Среда COMSOL позволяет сочетать в единой модели множество систем, определённых на нескольких разных геометриях (с разными значениями размерностей пространства в геометриях). Программа основана на системе дифференциальных уравнений в частных производных. Представленная компьютерная среда делает метод математического моделирования доступным для использования за счет использования шаблонов физических моделей.

Процесс решения проблемы в системе COMSOL Multiphysics включает следующие этапы:

- выбор размерности модели, физического раздела в «Model Navigator» [Навигаторе моделей] (каждому разделу соответствует определенное дифференциальное уравнение);
- определение рабочей области и определение геометрии;
- задание исходных данных, зависимостей переменных от координат и времени;
- определение теплофизических свойств и начальных условий;
- определение граничных условий;
- определение параметров и исходных данных для построения сетку;
- определение параметров решающего устройства;
- запуск расчета поставленной задачи;
- настройка режимов отображения;
- визуализация результатов решения.

Моделирование теплопередачи от горячей капли к человеку через гидроодежду под водой выполнено в компьютерной среде COMSOL Multiphysics на основе выделения ограниченной в геометрическом пространстве подобласти, в которой сосредоточены все компоненты системы «водная среда – горячая металлическая капля – многослойная оболочка гидроодежды – тело человека».

Для определения данной геометрической подобласти введены ограничения (рисунок 53 – 56).

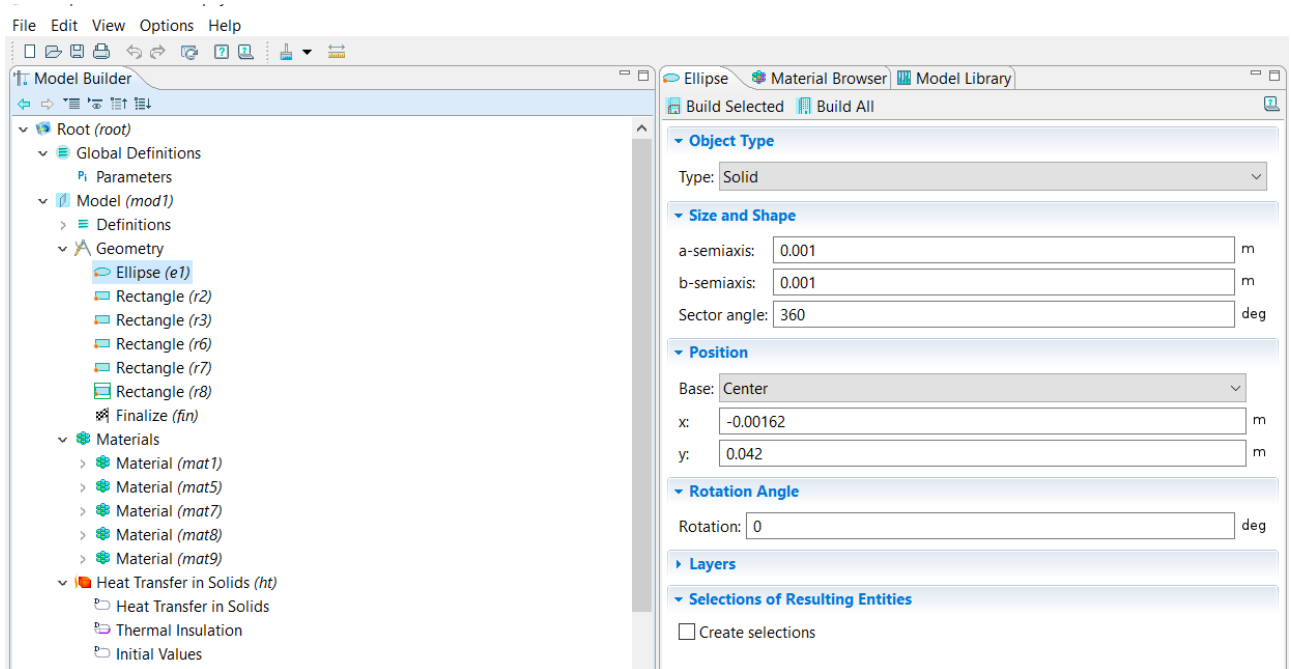


Рисунок 53 – Задание геометрии модели процессов теплопередачи в многослойной оболочке одежды в воде

- Модель (рисунок 54) рассматривалась в виде двумерных объектов: водная среда (геометрические параметры квадрата 0,09x0,09 м (позиция №1), капля электродного металла (круг радиусом 0,001 м) (позиция № 2), слой барьерного материала на основе термостойкого силикона (геометрические параметры прямоугольника: 0,0035 м; 0,007 м) (позиция № 3), слой вспененного материала типа неопрен (геометрические параметры прямоугольника: 0,005 м; 0,007 м) (позиция № 4), участок тела человека – предплечье (геометрические параметры прямоугольника 0,013 м x 0,007 м) (позиция № 5).

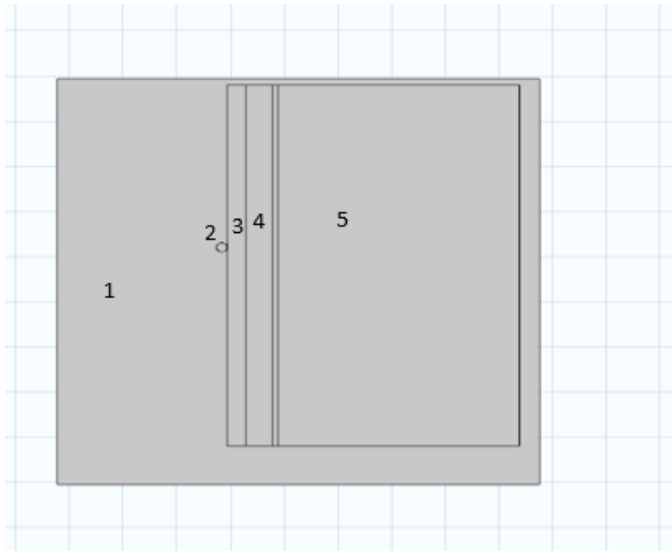


Рисунок 54 – Построение геометрической модели для описания процессов теплопередачи в многослойной оболочке в среде COMSOL Multiphysics

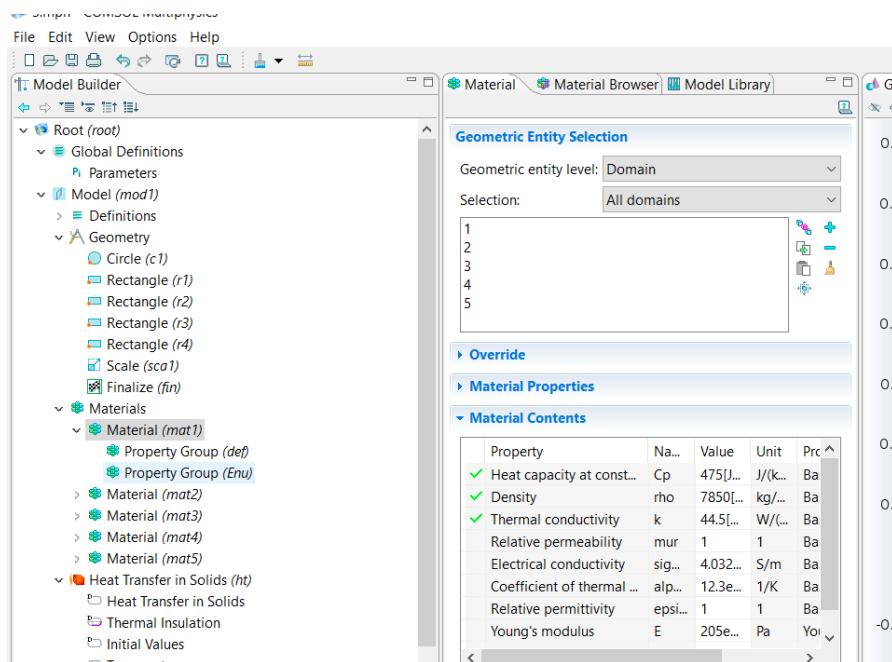


Рисунок 55 – Задание материалов для моделирования процессов теплопередачи в многослойной оболочке гидроодежды в воде (в среде COMSOL Multiphysics)

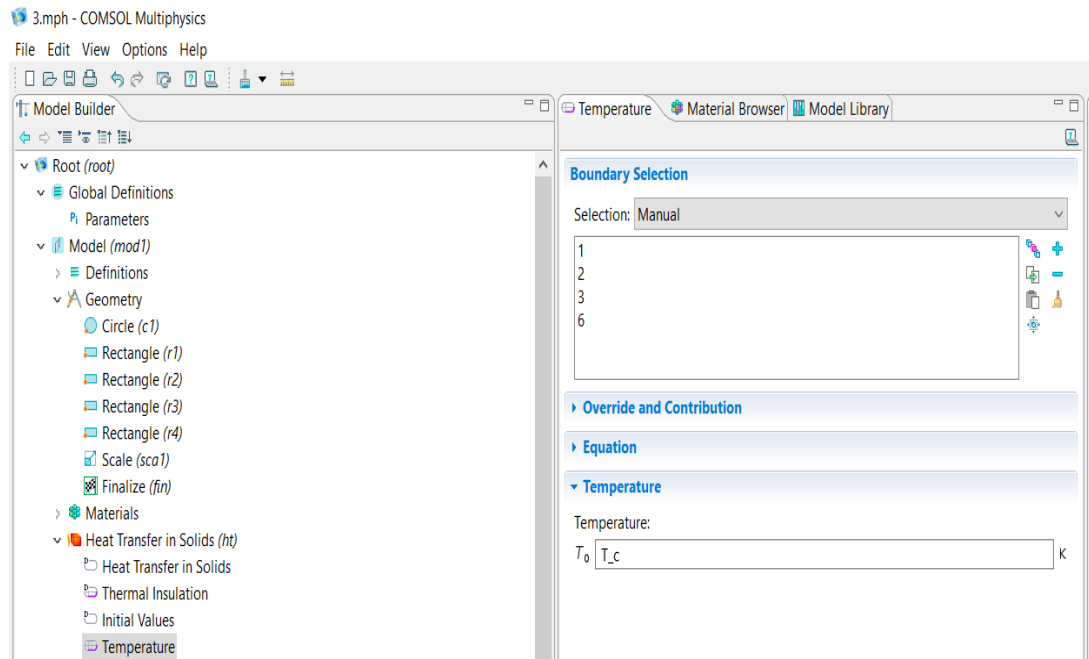


Рисунок 56 – Задание граничных температурных условий модели процессов теплопередачи в многослойной оболочке гидроодежды в воде (в среде COMSOL Multiphysics)

Формирование рабочей области и задание геометрии в 2D пространстве выполнялось в разделе «Build Selected»: «Model»> «Geometry»> «Form Union»> «Build Selected». После создания геометрии им были присвоены задаваемые параметры:

Для разработки модели введены следующие исходные теплофизические параметры (коррелируемые с результатами исследований в главах 2,3 в соответствии с таблицей 13): температура водной среды; скорость течения воды; температура контакта с опасными по температуре объектами; теплопроводность капли электродного металла; теплопроводность барьерного покрытия материала на основе термостойкого силикона; теплопроводность тела человека [64]; теплопроводность вспененного хлоропрена.

Алгоритм решения задачи учитывает следующие условия:

- для моделирования теплопередачи в твердых материалах использовался раздел теплофизики «Heat Transfer in Solids» (теплопередача в твердых телах): «Model Wizard»>«Heat Transfer»>«Heat Transfer in Solids»;

- пользовательские интерфейсы передачи тепла моделируют передачу тепла за счет проводимости и конвекции. Также могут быть включены эффекты излучения от поверхности до окружающей среды по краям и границам. Интерфейсы доступны в 1D, 2D и 3D, а также для осесимметричных моделей с цилиндрическими координатами в 1D и 2D. Зависимая переменная по умолчанию – температура контакта с опасными по температуре объектами, T ;
- блок «Heat Transfer in Solids» использует версию уравнения теплопроводности в уравнении в качестве математической модели теплопередачи в твердых телах (21):

$$\rho C_p u \nabla T = \nabla(\lambda \nabla T) + Q, \quad (21)$$

где ρ – плотность, ($\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$);

C_p – теплоемкость, (Дж/К);

∇ – оператор набла;

λ – теплопроводность, Вт/(м*К);

$\nabla ()$ – градиент;

Q – один или несколько источников тепла, Дж.

Теплопроводность описывает взаимосвязь между вектором теплового потока q и градиентом температуры ∇T , как в $q = -k \nabla T$, в соответствии с законом теплопроводности Фурье [129].

Далее были заданы физические параметры «Parameters» («Model Builder» > «Global Definitions» > «Parameters»).

Далее был выполнен выбор и привязка материалов для каждого объекта разрабатываемой модели из специальной библиотеки материалов («Material Browser»). Для работы были выбраны следующие материалы (рисунок 57):

– водная среда – «Water»;

– для капли электродного металла – «Steel»;

- для слоя силиконового – «Silicon»;
- для слоя вспененного материала – «Nylon» (технические характеристики были скорректированы с учетом особенностей материала типа пенопрен, установленные в главах 2 и 3);
- для предплечья человека – «Polysilicon» с коррекцией параметров на основании биофизических данных человека.

Задание начальных условий. В разделе «Model Builder»> «Heat Transfer in Solids Media»> «Initial Values» – начальное условие: $T = T_0$ (293,15 [K] (температура среды)).

Задание граничных характеристик («Heat Transfer in Solids»> «Temperature» (Температура)) – контактная температура с каплей электродного металла: 1173,15 К (рисунок 57).

Для элемента модели «водная среда» характеристики задавались с использованием узла однофазного ламинарного потока (Laminar Flow). Однофазный поток в Мастере моделей содержит уравнения, граничные условия и объемные силы для моделирования свободно движущихся жидкостей с использованием уравнений Навье-Стокса [235]. В данном блоке устанавливалось среднее значение скорости течения водной среды 2,5 м/с (рисунок 57).

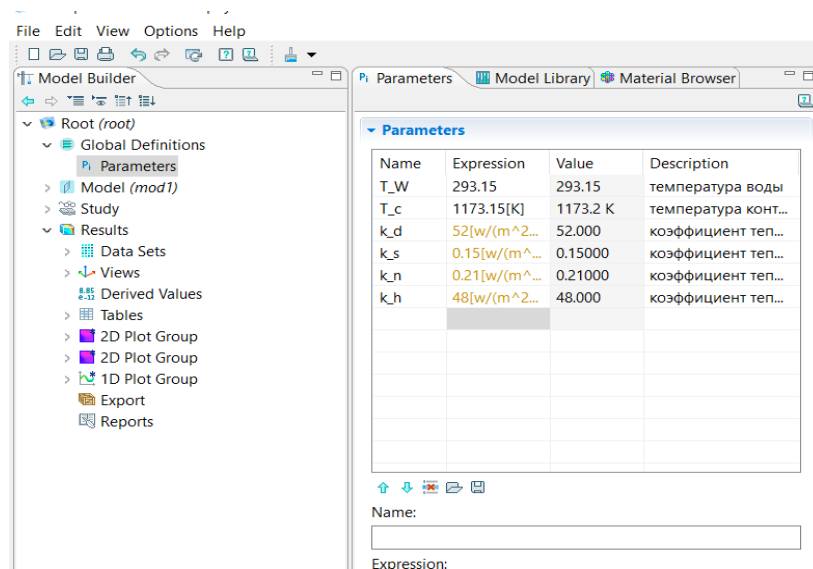


Рисунок 57 – Задание параметров моделируемой системы «водная среда – горячая металлическая капля – многослойная оболочка гидроодежды – тело человека» в окне «Parameters»

Далее с использованием узла «Heat Transfer in Solids» был выбран раздел Heat Flux (Тепловой поток) (рисунок 58):

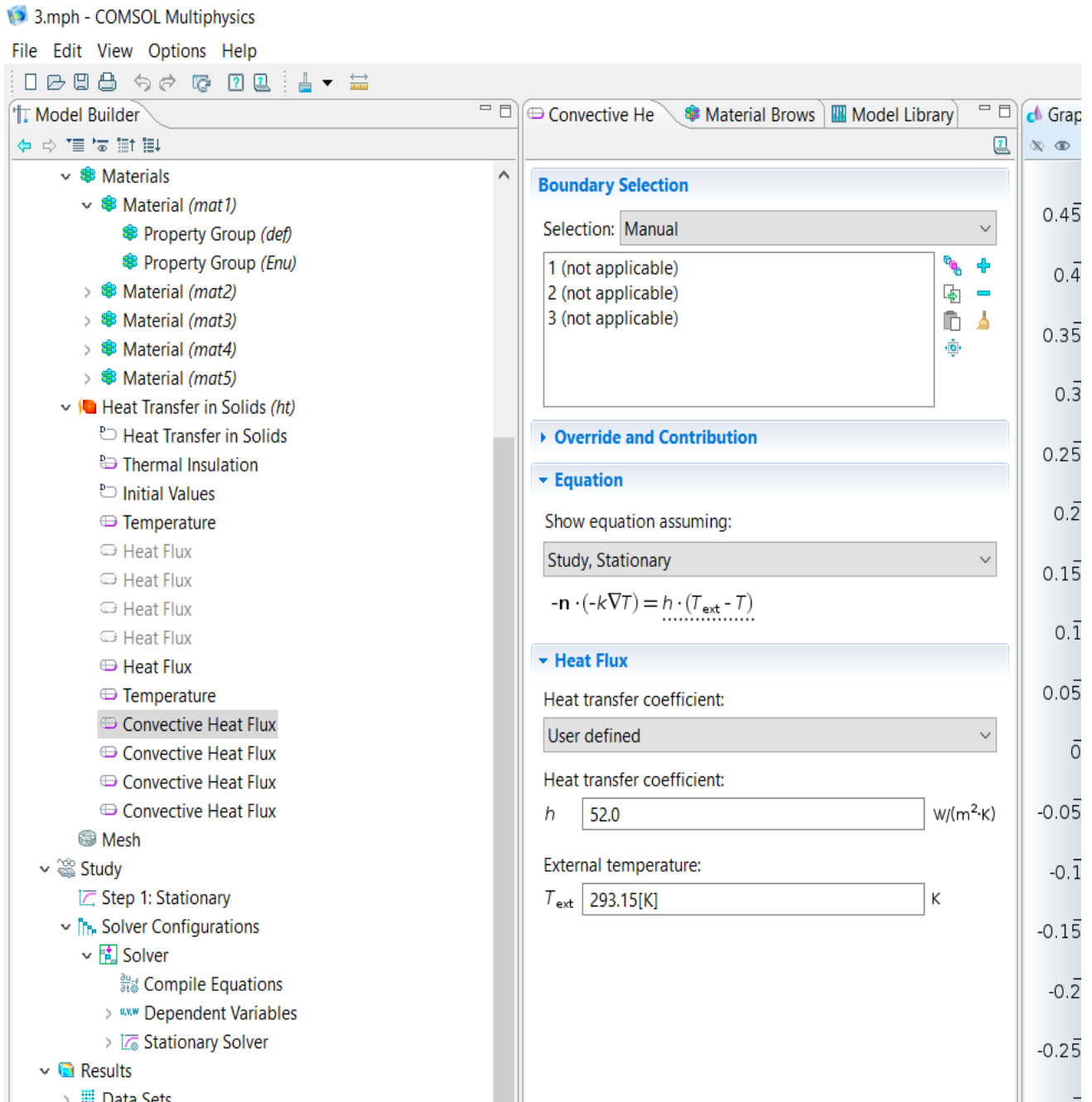


Рисунок 58 – Задание граничных значений теплопроводности геометрических объектов модели процессов теплопередачи в многослойной оболочке одежды в воде

– в окне «Settings» (Настройки) блока Convective Heat Flux (Конвективный тепловой поток) выбирались необходимые внешние границы геометрических объектов из списка «Selection» (Выборка). На следующем шаге применялось значение «Heat Transfer» (Теплопередача) для следующих объектов: капля электродного металла, комплексный материал (слой барьерного материала на основе термостойкого силикона, слой вспененного материала типа неопрен), предплечье человека. Значения теплопроводности для каждой границы устанавливались в соответствии с параметрами задачи. Узел конвективного теплового потока добавляет к своим границам следующее значение теплового потока $h(T_{ext} - T)$, где коэффициент теплопередачи h может быть определен с помощью библиотеки предопределенных коэффициентов, температура внешней среды T_{ext} и температура объекта также устанавливались в соответствии с исходными параметрами задачи.

Установлены граничные значения участка модели водной среды (установлен узел «Heat Flux» (тепловой поток) и определены температурные значения для этих границ) (рисунок 58).

4.2.2 Численное моделирование теплопередачи в системе «водная среда – горячая металлическая капля – многослойная оболочка гидроодежды – тело человека»

Основная задача на данном этапе – выявить, какая будет температура внутренней поверхности гидроодежды после попадания на нее горячих капель электродного металла под водой. Учитывая, что температура горячей капли при контакте с одеждой под водой заведомо имеет температуру выше температуры плавления основного применяемого материала гидрокостюмов (вспененного хлоропрена), можно оценить возможные тепловые эффекты от контакта горячей капли подводной сварки с гидроодеждой на человеке и дальнейшую термическую

безопасность тела человека – подводного сварщика на предмет вероятных контактных ожогов.

Для дальнейшего решения задачи настраивалась частота сетки для данной области в «Initialize Mesh». Слишком большое количество узлов сетки повышает точность решения, но процесс решения проблемы может потребовать довольно много времени и системных ресурсов. Поэтому в настоящей работе геометрическая модель была разбита на 120 конечных элементов в «Model Builder» («Model1»> «Mesh»> «Distribution»> «Number of Elements»=120) (рисунок 59).

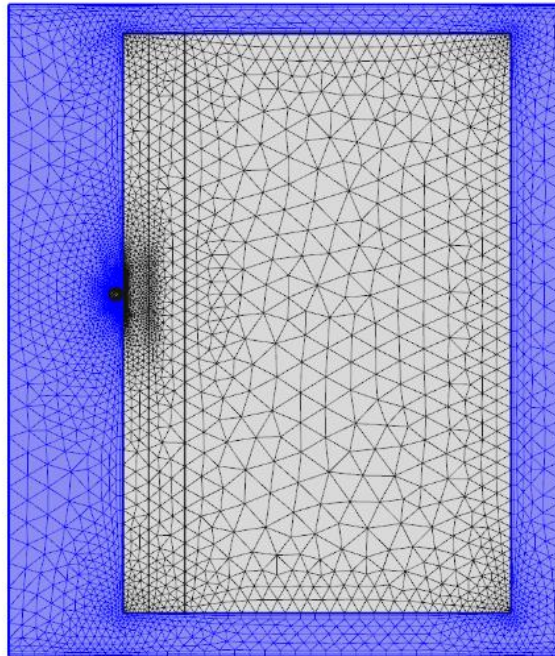


Рисунок 59 – Построенная сетка для численного моделирования процессов теплопередачи в многослойной оболочке одежды в воде (в среде COMSOL Multiphysics)

Для решения дифференциальных уравнений в частных производных и использования максимального числа ядер процессора был выбран «Study Settings»: «Model Builder»> «Parametric Sweep»> «Study Settings». Было выполнено комбинирование разных типов графиков в одну общую группу («plot group»).

С целью визуализации моделирования процесса теплопередачи от касания горячей капли металла к поверхности тела человека через термозащитную

гидроодежду была выполнена на основе системных возможностей Comsol постобработка результатов за счет цветowych карт (схем) и линейных графиков изменения температуры в разных точках геометрической модели вдоль линии раздела от начального источника высокой температуры (капли электродного металла) до поверхности предплечья человека. На рисунке 60 представлена визуализация численного моделирования «водная среда – горячая металлическая капля – многослойная оболочка гидроодежды – тело человека» в среде COMSOL Multiphysics.

Анализ результатов моделирования теплопередачи в системе «водная среда – горячая металлическая капля – многослойная оболочка гидроодежды – тело человека» и визуализации температурных показателей рассматриваемой модели демонстрирует распределение температурного поля по слоям, включая поверхность тела человека в гидроодежде.

Установлены зависимости распределения температуры внутренней стороны оболочки гидроодежды от начальной температуры капли электродного металла через варианты нового термозащитного комплексного материала.

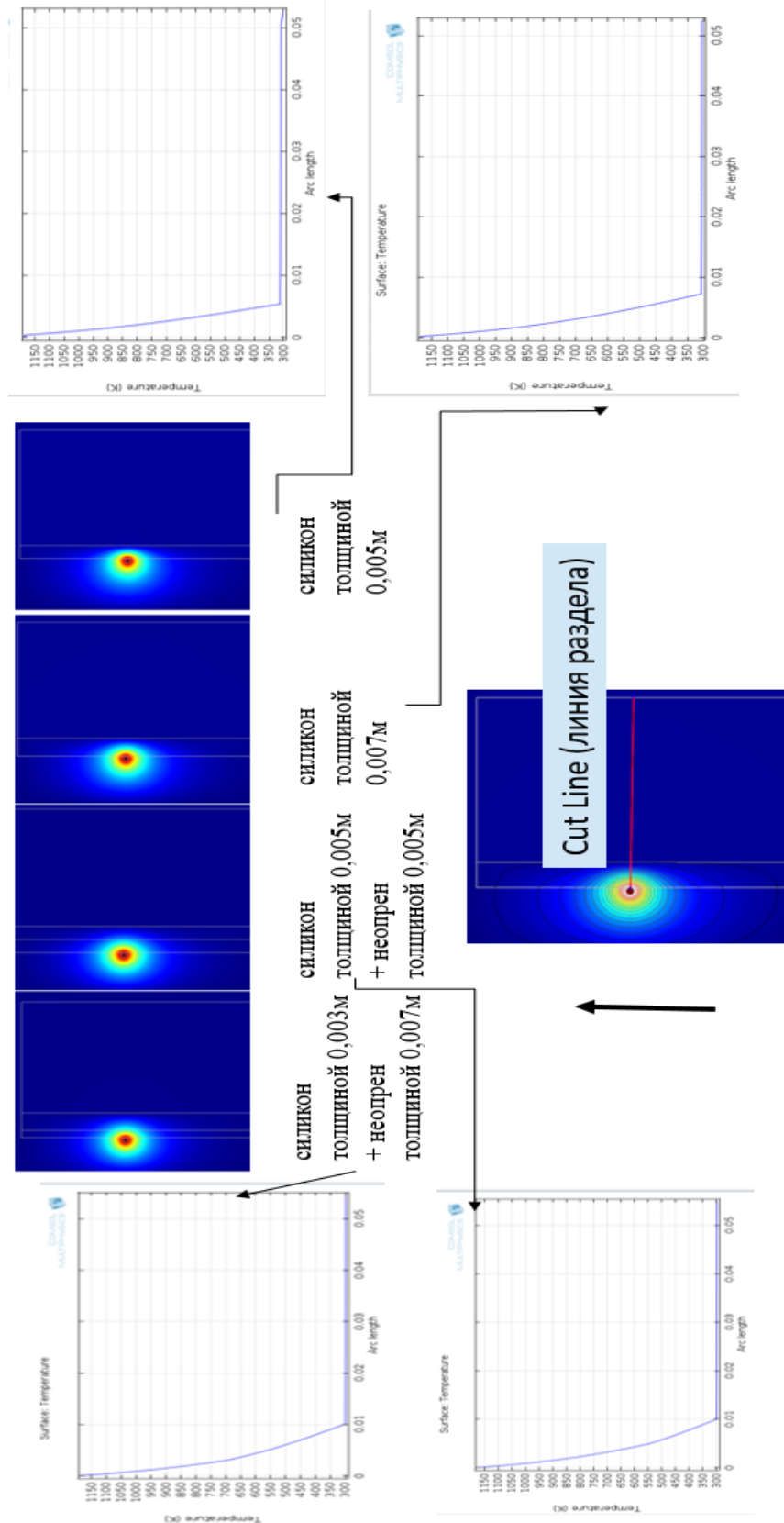


Рисунок 60 – Визуализация численного моделирования «водная среда – горячая металлическая капля – многослойная оболочка гидроодежды – тело человека» в среде

COMSOL Multiphysics

4.2.3 Оценка термической безопасности защитной гидроодежды для тела человека при подводной сварке в автоматизированном режиме

В расчетах на модели исследованы варианты структуры разработанного комплексного термозащитного материала гидроодежды, в том числе: барьерный термостойкий силиконовый слой 0,0035 м + вспененный хлоропрен 0,007 м, барьерный термостойкий силиконовый слой 0,005 м + вспененный хлоропрен 0,005 м, вспененный материал толщиной 0,007 м, вспененный материал толщиной 0,005 м.

Кривые (а-г, рисунок 60) имеют точку перехода функционально разных участков ввиду того, что за короткий интервал времени при большой разнице температуры окружающей водной среды и капли электродного металла температура по всей системе модели начинает резко падать до точки излома, левее этой точки кривая представляет собой прямую линию, т.е. температура «тела человека» не претерпевает изменений.

В результате проведенных исследований методами компьютерного моделирования системы «водная среда – горячая металлическая капля – многослойная оболочка гидроодежды – тело человека» получены данные зависимости температуры внутренней поверхности комплексной оболочки гидроодежды с термозащитным барьерным слоем для толщины оболочки 10,5 мм для соответствующих гидродинамических условий при температуре воды – 20°C, скорости воды 2,5 м/с (рисунок 61).

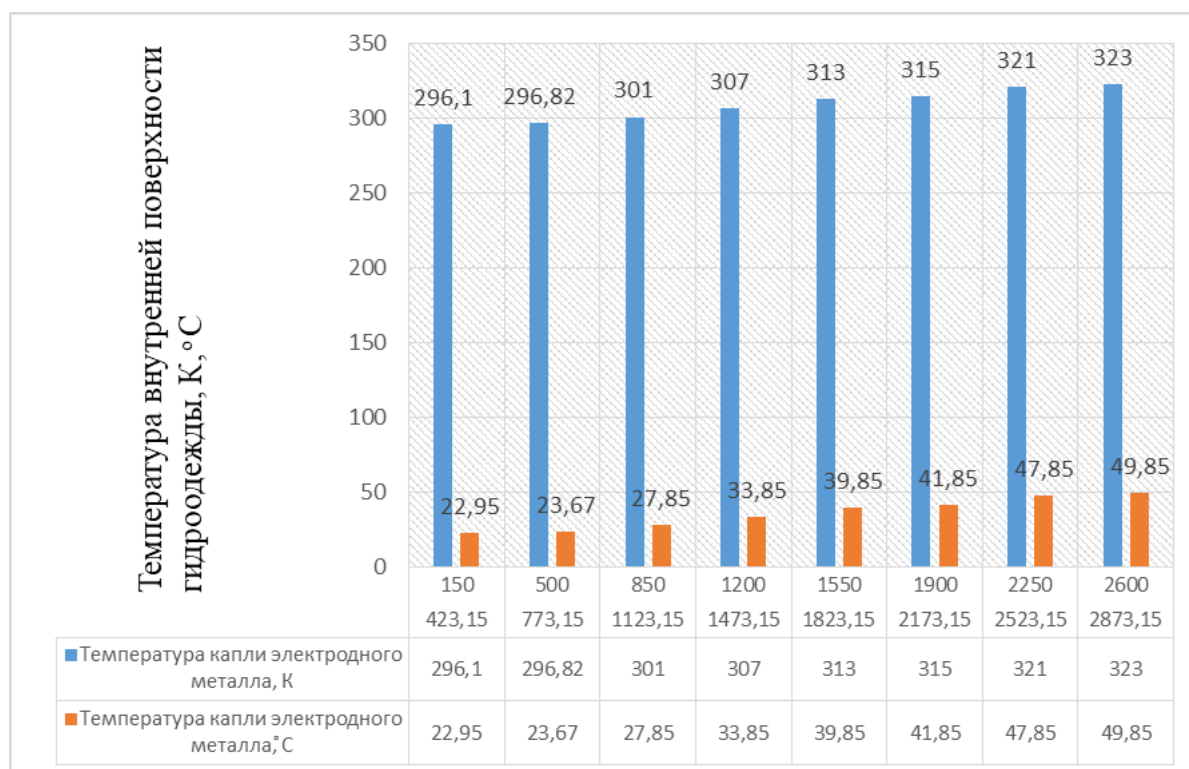


Рисунок 61 – Зависимость температуры прогревания внутренней поверхности гидроодежды от температуры электродного металла (для спроектированной толщины комплексного термостойкого материала 10,5 мм)

Функциональная зависимость температуры прогревания внутренней поверхности гидроодежды от температуры электродного металла (для толщины 10,5 мм комплексного материала с барьерным покрытием на основе термостойкого силикона) представлена в (22):

$$y=80,6938*x-1527,1532 \quad (22)$$

где $R^2= 0,9902$;

y – температура внутренней поверхности гидроодежды, °С

x – температура капли электродного металла, °С

Таким образом, проанализировав представленный график, установлено, что при условии воздействия горячего электродного металла подводной сварки на поверхность гидроодежды новый комплексный материал толщиной 10,5 мм позволяет сохранить температуру прогрева внутренней поверхности гидроодежды около 30°C в пределах физиологической нормы (исключив риски прожигания одежды и последующих ожогов человека).

Анализ полученных результатов многочисленных расчетов компьютерного моделирования системы «водная среда – горячая металлическая капля – многослойная оболочка гидроодежды – тело человека» позволил определить снижение температуры прогрева внутренней стороны вспененного материала (при условии кратковременного контакта горячей капли электродного металла с поверхностью материала) в случае использования нового комплексного термозащитного материала с силиконовым рельефным покрытием на 31 %, обеспечивая сохранение структуры материалов гидроодежды как с внешней, так и внутренней стороны, обеспечивая температуру внутренней поверхности одежды, контактирующей с телом человека, в среднем от +26 до +35 °С, что существенно снижает вероятность возникновения сквозных прожогов (термических разрушений) защитного материала и защитной одежды в целом и позволяет исключить риск термических ожогов человека-подводного сварщика.

Сравнительный анализ соотношения толщин составляющих слоев в комплексном термозащитном материале нескольких комбинаций путем численного моделирования показал некоторое преимущество образца с барьерным покрытием на основе термостойкого силикона толщиной 0,0035 м и вспененного материала толщиной 0,007 м. Температура прогрева внутреннего слоя в этом случае составила 26,85 оС. При этом нормальная температура кожи человека на участке предплечья составляет 32,4 оС. Таким образом, можно утверждать о положительном результате оценки термозащитного эффекта комплексной оболочки гидроодежды и достижении термической безопасности такой одежды для тела человека при подводной сварке.

Разработанная методология выявления термически безопасной для человека оболочки гидроодежды является компонентом автоматизированного процесса ее проектирования, наполняя математическое, информационное и программное обеспечение разработанного в п.4.1 алгоритма. Установленные параметры оболочки гидроодежды для подводного сварщика были приняты для дальнейшего процесса разработки конструкции одежды в среде компьютерного проектирования, опираясь на результаты и рекомендации по определению САПР защитной функциональной одежды, представленные в п.4.1.

4.3 Разработка специального термозащитного костюма для подводной сварки в условиях САПР

В результате проведенных исследований была разработана структура полизоной оболочки защитного гидрокостюма с термостойкими свойствами, представленная в п.3.1, на основании которой с применением средств автоматизированного проектирования одежды («Novo-cut») выполнены проектные процедуры для конструкторской подготовки производства основного вида СИЗ подводного сварщика – разработка модели термозащитного костюма, учитывающего комплекс требований к материалам, оболочке.

С точки зрения термозащиты в гидрокостюмах сварщика целесообразно применение воротника-стойка, в том числе цельвыкроенного с капюшоном или конструкции капюшона, плотно облегающего шею, что позволит обеспечить дополнительную защиту для шеи и лица человека от брызг расплавленного металла.

Анализируя характер положения верхних конечностей специалистов-сварщиков, они располагаются статично под определенным углом: 45°, 60°, 90°, 120° [102]. Для уменьшения образования складок, в которые могут попасть брызги электродного металла при сгибании рук, форма рукава должна повторять

положение рук при производстве сварочных работ, что может быть достигнуто дополнительными членениями. С целью уменьшения дискомфорта (натирания кожи) при сгибании локтя в области сгиба, создаваемого швом, линия локтя в конструкции опускается на 10 см.

Для обеспечения соответствия текущим трендам в сфере производства востребованной гидроодежды на мировом рынке, а также для определения силуэтной основы и опорного покроя рукава для проектируемого изделия был проведен анализ моделей-аналогов современных гидрокостюмов промышленного назначения ведущих производителей в данном сегменте гидроодежды.

Учитывая выраженное преимущество по частоте встречаемости в моделях-аналогах, а также эргономическое преимущество покроя рукава «реглан» по сравнению с другими конструкциями рукава для достижения максимального облегания рукава в области плеча, данный тип покроя выбран в качестве основы конструктивного решения рукава гидрокостюма для сварщиков.

Учитывая концепцию и разработанную структуру многозональной оболочки данной одежды в соответствии с требованиями нормативных рекомендаций [9–11] разработана модель проектируемого изделия, обладающее инновационными признаками. Для выявления патентоспособной новизны нового швейного изделия были проведены патентные исследования [236–245], результаты которых позволили выявить ряд интересных изделий, так или иначе рассматриваемых в качестве родственных решений в поиске получения целевого изделия по теме данной диссертации. Их описания представлены в Приложении М.

В результате установлено, что в настоящее время нет прямых аналогов защитного термостойкого гидрокостюма мокрого типа от производственных рисков подводно-сварочных процессов. Исходя из выводов по патентным исследованиям и ранее выполненным работам, разработана модель полизонального термозащитного костюма для подводной сварки, внешний вид, структура и функциональность которого представлены на рисунке 62 и описаны ниже.

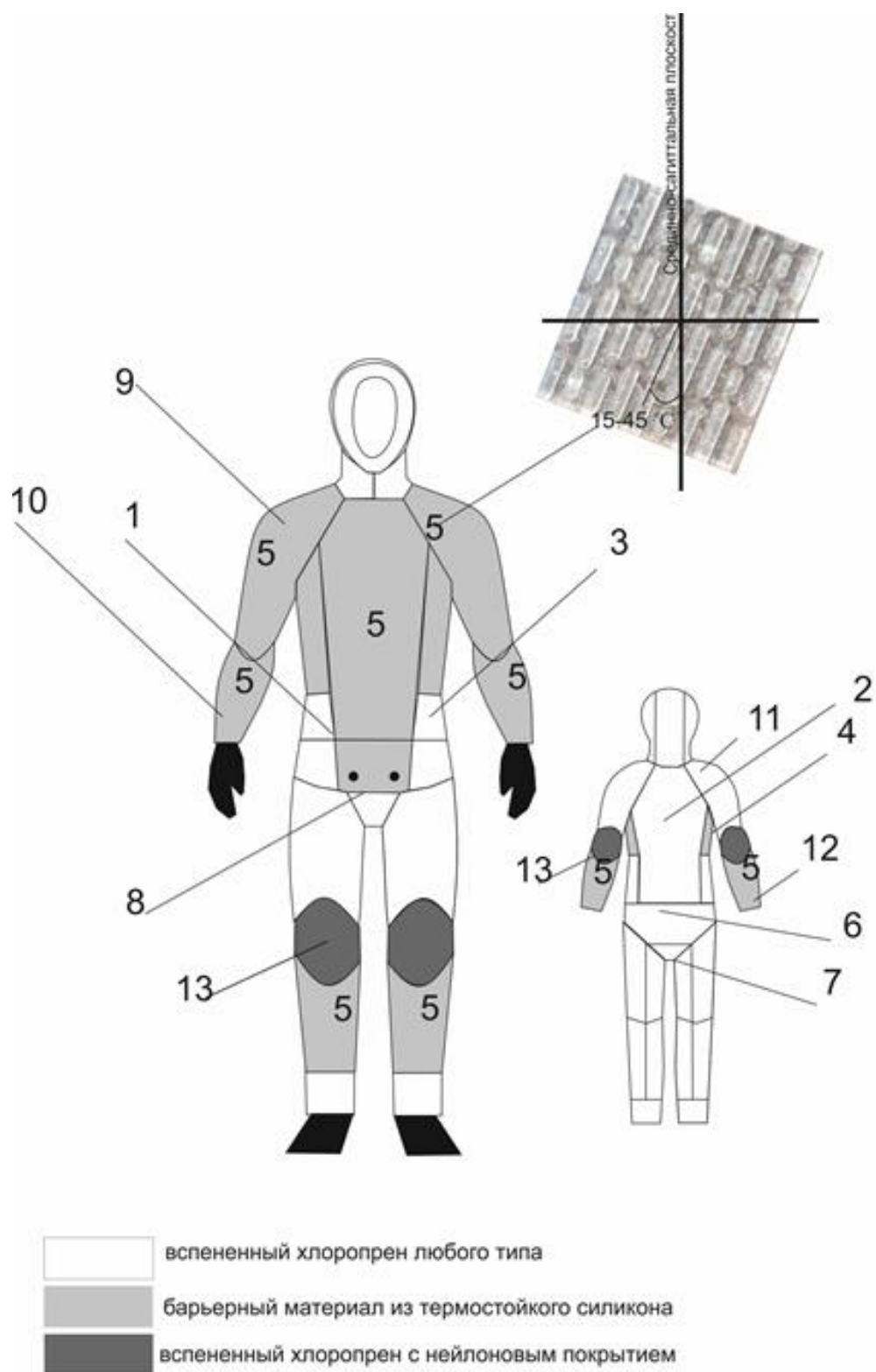


Рисунок 62 – Эскиз модели полизонального термозащитного костюма для подводной сварки (куртка+полукомбинезон)

Уменьшение теплового воздействия на тело подводных сварщиков в значительной степени определяется используемыми материалами, а также конструктивно-технологическими решениями спецодежды: внедрение дополнительных конструктивных элементов.

Задачей настоящего изобретения является обеспечение индивидуальной защиты человека при выполнении работ в условиях производственных рисков подводно-сварочных процессов с обеспечением достаточной эргономичности движений под водой.

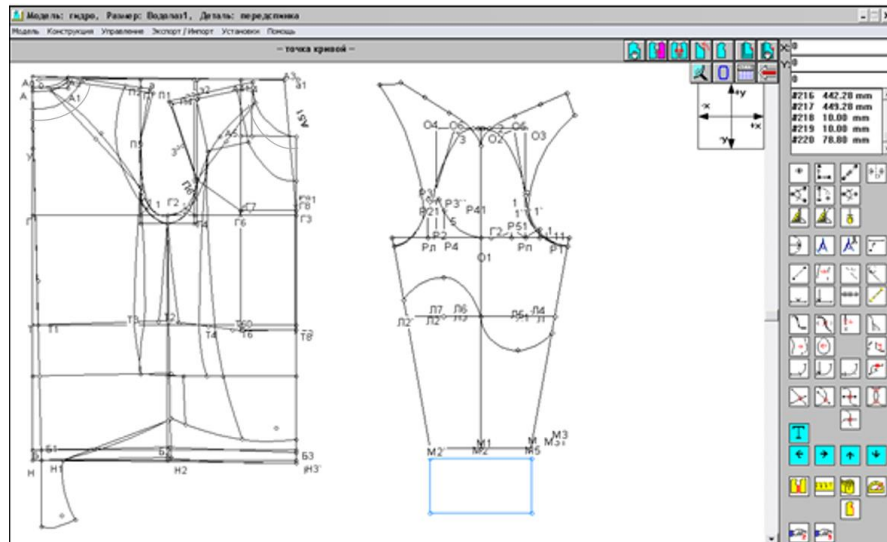
Барьерный материал из термостойкого силикона на участках термического риска (предплечье, голень, центральная часть туловища) предусматривает снижение площади контакта с опасными по температуре объектами, что, как следствие, обеспечивает уменьшение рисков прожигания одежды и ожогов тела человека под ним. Описание новой модели гидрокостюма для подводной сварки представлено в первой главе.

На разработанную модель гидрокостюма и его техническое решение получен Патент RU 2796939 на изобретение Российской Федерации «Защитный термостойкий гидрокостюм мокрого типа для подводной сварки» [246], представленные в Приложении Н.

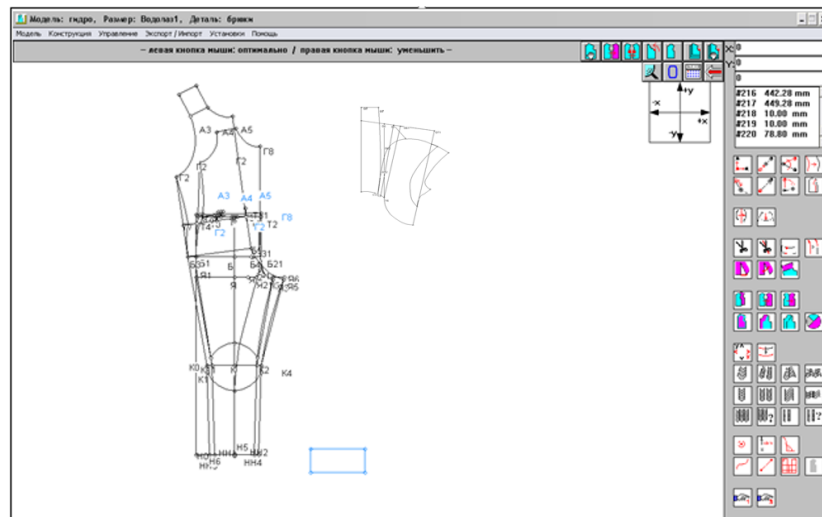
Исходными данными для инженерного проектирования данного термозащитного гидрокостюма для подводной сварки являются размерные признаки типовой фигуры мужчин. За основу взята фигура 176-108-96. Выполненная дополнительно процедура изучения пропорций модели и выявления масштабных коэффициентов позволили обосновать размеры участков конструкции и необходимых членений в соответствии с эскизом модели.

Для разработки конструкции нового изделия определена методика конструирования ЕМКО СЭВ и система автоматизированного проектирования одежды «Novo-cut» [175]. В качестве исходных данных для конструирования защитного костюма подводного сварщика использовалась размерная характеристика типовой фигуры мужчин размера 176-108-96 [131]. Фрагмент алгоритма «Размерные признаки» и расчета участков конструкции в САПР

представлен в соответствии с рисунком Р.1 Приложения П. Основные прибавки на свободное облегание к участкам чертежа базовой конструкции изделия представлены в таблице П.1 Приложения П. Разработка основных деталей чертежа модельной конструкции мужского полизонального термозащитного гидрокостюма для подводной сварки (куртка+полукомбинезон) в условиях САПР одежды проиллюстрирована на рисунке 63.



(а)



(б)

Рисунок 63 – Интерфейс САПР «Novo-cut»: разработка деталей чертежа модельной конструкции полизонального термозащитного гидрокостюма для подводного сварщика (а – перед, спинка, рукав, б – полукомбинезон, капюшон)

Разработанное модельно-конструктивное решение мужского термозащитного гидрокостюма для подводной сварки учитывает совокупность предложенных в настоящей работе концепций, полученные научные результаты и инженерные рекомендации настоящего исследования, установленные на базе наиболее вероятных условий подводной среды и сварочной технологии.

Достигнутый уровень индивидуальной защиты человека за счет свойств оболочки гидрокостюма представляет ценный технико-технологический ресурс для повышения защитных свойств и других видов СИЗ, которые могут быть актуальны в условиях работы подводных сварщиков с повышенным риском для особенно подверженных термическим воздействиям участков поверхности одежды на теле человека.

4.4 Разработка специального СИЗ для дополнительной защиты верхних конечностей подводного сварщика

В случае, если факторы среды или технологии подводной сварки изменились внезапно и приводят к повышенным термическим рискам относительно средних (наиболее часто ожидаемых), для сохранения целостности гидроодежды и дополнительной защиты человека целесообразно комплектовать систему индивидуальной защиты человека дополнительными защитными средствами.

Такие обстоятельства не исключены в случае выполнения оперативных работ подводной сварки, типа спасательных работ со значительной сменой условий подводной среды и сварочного процесса без возможности адаптации при этом своей защитной гидроодежды к условиям особого повышенного термического риска. Так как подводные работы могут проводиться в условиях, когда глубина погружения варьируется от 10 м до 80 м, температура горячего металла может

достигать 2600 °С на старте отрыва от электрода, скорость воды может изменяться 0,2 м/с до высокой (к примеру, 4 м/с), самая риск-подверженная зона поверхности одежды подводного сверщика – зона предплечий и сопряженных участков, которая требует быстрого повышения уровня локальной защиты человека в этих участках с помощью мобильно интегрируемых дополнительных СИЗ.

Для решения сформулированных проблем предложен принципиально новый вид СИЗ верхних конечностей человека – «Латы-перчатки», изготавливаемые из термозащитного барьерного материала на основе термостойкого силикона. Для выявления признаков патентоспособности инновационной составляющей для предложенного вида швейного изделия были выполнены патентные исследования, которые позволили установить, что данный вид СИЗ отсутствует в типовом ассортименте, а «Латы-перчатки» представляют собой уникальное комплексное решение быстрого усиления и повышенной барьерной защиты сразу нескольких участков поверхности рук человека: непрерывно от кисти до плеч. Предложенные в настоящей работе «Латы-перчатки» – это изобретение относится к легкой промышленности, а именно к средствам индивидуальной защиты рук от термических и механических повреждений, в том числе для работы в условиях ограниченной видимости.

Экспериментальные поисковые исследования конструктивного решения такого изделия проиллюстрированы на рисунке 64.

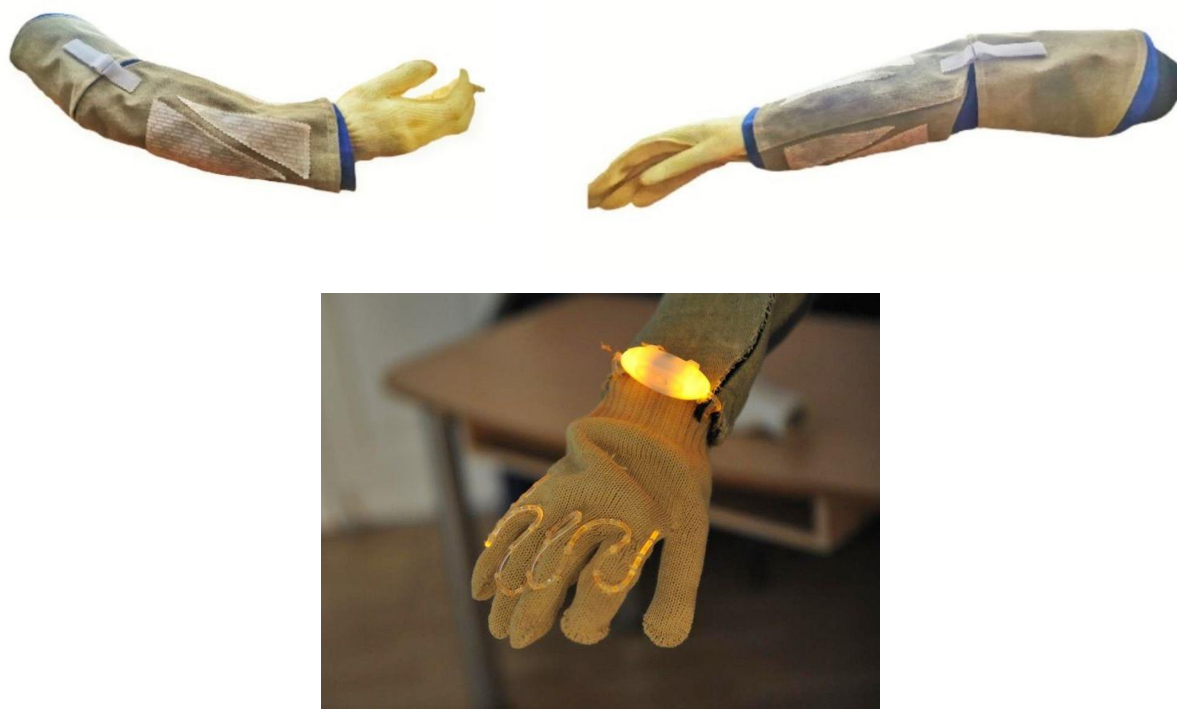


Рисунок 64 – Экспериментальные поисковые исследования конструктивного решения СИЗ рук «Латы-перчатки»

Задачей настоящего изобретения является обеспечение безопасной работы руками человека при подводной сварке с возможностью и более широкого применения такого СИЗ рук в других профессиях и ситуациях.

Сущность изобретения поясняется чертежами, представленными на рисунке 65: 1– деталь перчаточного типа (внутренний слой) + гидрофобное термостойкое покрытие этой поверхности с интегрированным окрасом, стимулирующим эффект освещения или с проводящими контурами и подачей аналогичной функции, 2 – детали типа «лат», 3 – детали захвата, 4 – термостойкие кнопки, 5 – тыльная поверхность кисти, 6 – ладонная поверхность кисти, огибающие участки сгибов и поворотов рук во всех суставах.

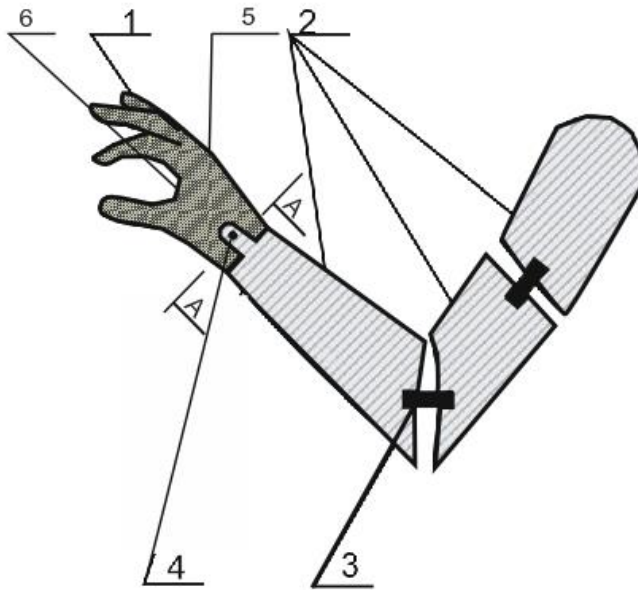


Рисунок 65 – Схема конструктивного решения СИЗ рук «Латы-перчатки»

Конструкция способна выполнять как самостоятельные, так и комплексные функции. Это универсальное средство, легко и быстро комбинируемое с конструкцией основного термозащитного гидрокостюма сварщика, создает оперативный ресурс повышенной защиты человека в одежде от неплановых термических рисков, нечасто, но имеющих вероятность проявляться при смене условий сварочного производства.

На представленную разработку получен Патент RU 2705266 на изобретение Российской Федерации «Латы-перчатки огнестойкие с дополнительной функцией освещения» (Приложение Р) [247].

Разработанные компоненты автоматизированного процесса проектирования защитных СИЗ для специалистов подводной сварки учитывают новые комплексные материалы и способы формирования из них полизональной оболочки гидрокостюма и новых СИЗ для повышенной безопасности человека в гидроодежде при подводной сварке.

Выводы по четвертой главе

1. Разработан алгоритм процесса автоматизированного проектирования защитной одежды для подводной сварки с функцией оценки термической безопасности, который характеризуется расширением типового маршрута проектирования одежды с включением новых проектных процедур. К ним относятся: а) процедура выявления необходимых фактических параметров пакета материалов для различных зон одежды с учетом прогнозируемых термогидродинамических условий применения СИЗ во время сварочных работ; её выполняют на основе разработанных математических моделей прогнозирования термических параметров оболочки одежды в зависимости от их свойств и условий водной среды; б) процедура оценки термической безопасности гидроодежды.
2. Для реализации специального блока оценки термической безопасности гидроодежды в разработанном алгоритме автоматизированного проектирования термозащитной одежды для подводной сварки предусмотрено применение результатов математического моделирования процессов теплопередачи в многослойных оболочках одежды на базе программного пакета компьютерного моделирования мультифизических процессов «COMSOL Multiphysics».
3. Разработана геометрическая модель и выполнено численное моделирование теплопередачи в системе «водная среда – горячая металлическая капля – многослойная оболочка гидроодежды – тело человека» и установлена температура внутренней поверхности гидроодежды в зависимости от свойств компонент системы.
4. Анализ результатов моделирования позволил установить зависимости распределения температуры оболочки гидроодежды от начальной температуры капли электродного металла через варианты нового термозащитного комплексного материала. Установлена наиболее эффективная структура такой оболочки комплексного термостойкого материала толщиной 10,5 мм, который позволяет сохранить температуру прогревания внутренней поверхности гидроодежды около 30 °С в пределах физиологической нормы (исключив риски прожигания одежды и

последующих ожогов человека). Установлено, что гидроодежда с деталями из нового комплексного материала с такими параметрами превосходит все другие варианты комбинированной структуры от 1,3 % до 31%.

5. Свойства разработанной оболочки гидроодежды обеспечивают температуру прогрева внутреннего слоя от 26,85 °С до 30 °С...максимум 35 °С. При этом нормальная температура кожи человека на участке предплечья составляет 32.4 °С, что подтверждает достижение термической безопасности новой гидроодежды даже в самых уязвимых к термическим рискам местах.

6. Разработан специальный термозащитный костюм для подводной сварки в условиях САПР на основе концепции многозональной оболочки из созданных в работе материалов. На разработанную модель гидрокостюма и его техническое решение получен Патент на изобретение Российской Федерации RU 2796930 «Защитный термостойкий гидрокостюм мокрого типа для подводной сварки».

7. Разработан специальный принципиально новый вид СИЗ верхних конечностей человека «Латы-перчатки», изготавливаемые из термозащитного барьерного материала на основе термостойкого силикона, задачей которого является обеспечение безопасной работы руками человека при подводной сварке, в том числе с возможностью и более широкого применения такого СИЗ рук в других профессиях и ситуациях. На представленную разработку СИЗ рук получен Патент на изобретение Российской Федерации RU 2705266 «Латы-перчатки огнестойкие с дополнительной функцией освещения».

5 РАЗРАБОТКА И АПРОБАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ ИННОВАЦИОННЫХ ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ ПОДВОДНЫХ СВАРЩИКОВ

5.1 Разработка и исследование технологического обеспечения производства термозащитного костюма для подводной сварки

5.1.1 Разработка схемы технологической сборки мужского термозащитного гидрокостюма для подводной сварки с учетом полиэластичной оболочки одежды

Разработка технологического процесса изготовления термозащитного гидрокостюма для подводного сварщика опирается на эффективные методы обработки швейных изделий и применение подходящего современного оборудования для швейных предприятий. Для разработки методов обработки и формирования оборудования, способных обеспечить качественную сборку термозащитного гидрокостюма, были сформулированы требования, которые необходимо учитывать [248–249]:

- вид изделия и его инновационные конструкторско-технологические особенности;
- прогрессивность технологии обработки и сборки деталей с учетом новых по свойствам материалов термической защиты под водой и общей гидрозащиты всей поверхности одежды;
- рациональность сопряжения и высокая степень универсальности монтажно-сборочных схем основных узлов одежды.

На основе представленных требований разработана технологическая последовательность сборки мужского термозащитного гидрокостюма для подводной сварки, которая представлена в Приложении С.

Разработанные схемы технологической сборки мужского термозащитного гидрокостюма для подводной сварки показывают особенность сборки деталей из барьерного материала на основе термостойкого силикона. Отдельного внимания заслуживают участки соединения деталей из разных по структуре материалов, требующих соединения встык, но при этом один из них или более материалов в шве могут состоять из поликомпонентных материалов, которые на стыке требуют повышенного внимания и новых технологических решений для достижения стабильной гидроизоляции и прочности.

5.1.2 Разработка и исследование нового гидроизоляционного соединительного шва с повышенной эксплуатационной прочностью

Швы являются одним из основных обязательных компонент гидрокостюма: они определяют прочность и гибкость костюма, а значит, надежность и срок эксплуатации швейного изделия. Ниточные швы менее гибкие, чем основной вспененный материал исследуемого изделия, поэтому сохранение эластичности является еще одной важной характеристикой для сохранения нормального функционирования человека в костюме с точки зрения подводной эргономики. Наличие ниточных швов в гидрокостюмах приводит к просачиванию воды в пододежное пространство, а значит – к снижению теплоизоляции и прочности швов.

Выделяют три типа швов, используемых при производстве гидрокостюмов. С целью обоснования выбора соединительного шва в разрабатываемой модели спецодежды для подводного сварщика в таблицах 13, 14 представлена их характеристика [248–256].

Таблица 13 – Виды швов для при производстве гидроодежды

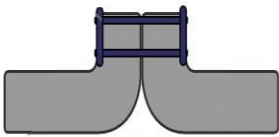


Вид шва	Схема	Характеристика
Шов 3-х ниточный обметочный (оверлок)		Два угла вспененного хлоропрена сгибаются, а затем соединяются. Этот метод является самым простым и наименее эффективным при контакте с водой. Он не используется в высококачественных и дорогих гидрокостюмах. Этот метод существенно снижает гибкость шва. Он также оставляет выпуклость на изнаночной стороне гидрокостюма, что вызывает трение.
Плоский шов		Накладка одной детали из вспененного хлоропрена на другую с последующим соединением. В результате шов получается гибким и сравнительно прочным. Недостаток: в процессе создаются отверстия, что приводит к повышению вероятности проникновения воды внутрь материалов и в пододежное пространство.
Потайной шов	 <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: flex-start; margin-top: 5px;"> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 2px;"> клей</div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 2px;"> лента</div> <div style="display: flex; align-items: center;"> жидкая резина</div> </div>	Краевые срезы вспененного хлоропрена проклеиваются. Затем они стачиваются с изнаночной стороны, но нить не проходит насквозь и не попадает на лицевую сторону материала. Результат: водонепроницаемый, гибкий шов. Он применяется в высококачественных гидрокостюмах

Таблица 14 – Особенности технологического процесса и оборудования для выполнения ниточных швов в гидроодежде

Вид соединения	Предварительное приклеивание	Использование термоклейной ленты	Использование герметичной пленки	Оборудование
1	2	3	4	5
Для мокрых костюмов				
Ниточный зигзагообразный шов встык	—	—	—	Машина строчки "зиг-заг" с шагающей лапкой для тяжелых материалов H-305 TONY [251]

Окончание таблицы 14

1	2	3	4	5
Плоский шов встык (Маузер)	–	–	–	Двухигольная четырехниточная плоскошовная машина PW-23013MD-P [252]
Распошивальный шов (Флетлок)	+	–	–	Одноигольный трехниточный оверлок с верхним продвижением SHF-7004-A43-M14 [253]
Потайной шов	+	–	+	Универсальная подшивочная машина однониточного цепного стежка с коротким рукавом MAIER 221 [254]
Двойной потайной шов	–	–	–	H-1412-LPS Подшивочная машина с ленточным транспортером [255]
Потайной шов с дополнительной термоклящей лентой	–	+	–	Универсальная подшивочная машина однониточного цепного стежка с коротким рукавом MAIER 221 [256]

Анализ данных таблиц 13 и 14 показал, что используемые технологии соединения деталей в гидрокостюмах мокрого типа имеют ресурс для совершенствования эксплуатационных свойств (прочность и гидроизоляция). С этой целью проведены исследования и выявлены способы герметизация швов для гидроодежды:

- пропитка клеем: детали склеиваются до сшивания;
- проклейка лентой в ключевых местах: лента приклеивается к внутренней поверхности шва;
- полная проклейка лентой: лента приклеивается к внутренней поверхности каждого шва;
- жидкий каучук: специальная резиновая жидкость наносится на внутреннюю поверхность шва.

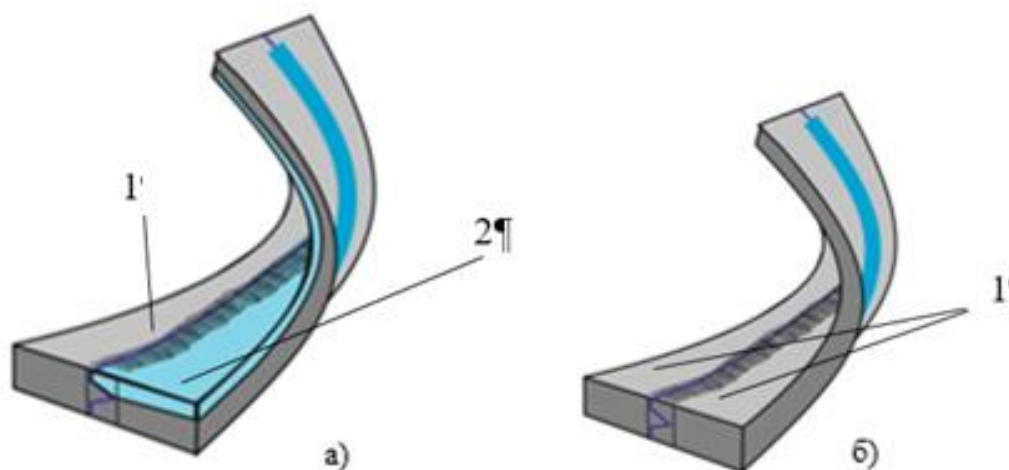
В результате проведенных патентных исследований существующих разработок структуры и способов получения швов для водоотталкивающей гидроодежды, установлены их особенности в применении, представленные в Приложении Т (таблица Т.1) [257–265]

Проведенный анализ результатов патентных исследований позволил выявить недостаточную прочность при растяжении в связи с недостатками в эластичности запатентованных швов для герметического соединения, что важно для гидроодежды при подводной сварке.

С этой целью в настоящей работе предложены и разработаны структура и способ выполнения нового соединительного шва с повышенной механической прочностью при растяжении. Его задачей является сохранение эластичности шва с одновременным повышением устойчивости соединительных швов для сопряжения деталей разной многокомпонентной структуры относительно высокой толщины в срезах.

Поставленная задача решается следующим образом. Предварительно срезы одной из соединяемых деталей (толщиной 7,00 мм – 15,00 мм) высекаются под углом 120° от верхней и нижней точек срезов детали, образуя выступающий острый угол; срезы другой из соединяемых деталей высекаются под углом 120° от верхней и нижней точек срезов детали, образуя углубление. Затем срезы обрабатываются специальным адгезивным веществом (клеем) для обеспечения герметизации будущего шва (параметры адгезивного вещества: вязкость 2000,00 – 3000,00 мПа·с, температура застывания: 20°C – 25°C , плотность: 860 – 1070 кг/м³).

В качестве адгезионного вещества может быть использован клей КЦА-3000 с параметрами вязкости 2000 – 3000 мПа/с и температурой застывания 20°C – 25°C . На рисунке 66 представлена структура нового соединительного шва с повышенной механической прочностью к растяжению для деталей гидроодежды из поликомпонентных материалов.



- а) соединение деталей из эластичного вспененного хлоропрена, материала типа неопрен 1 с деталями из комплексного поликомпонентного термозащитного материала, включающего вспененный хлоропрен с барьерным покрытием на основе термостойкого силикона 2;
- б) соединение деталей из эластичного вспененного хлоропрена, материала типа неопрен 1

Рисунок 66 – Структура нового соединительного шва с повышенной механической прочностью к растяжению для деталей гидроодежды из поликомпонентных материалов

С целью обеспечения прочности шва с сохранением его эластичности обработанные детали из вспененного материала с барьерным материалом на основе термостойкого силикона образуют соединение встык по высеченным срезам и соединяются ниточным плоским швом на специальном оборудовании [242]. Ширина шва должна быть шире на 4,00 мм ширины среза, что позволяет исключить появление свободных краев и обеспечить повышение прочности соединения (температура для склеивания 165°C – 170°C).

Заявленные свойства были экспериментально исследованы на базе изготовленных образцов швов новой структуры, которые соответствуют разработанной структуре (рисунок 67)

Срезы образцов обрабатываются двумя способами: первый (рисунок 67 – а) – срезы одной стороны в соединяемых образцах высекаются под углом 120° от верхней и нижней точек срезов детали, образуя выступающий острый угол;

срезы другой стороны высекаются под углом 120° от верхней и нижней точек срезов детали, образуя углубление – новая структура шва; второй (рисунок 70 – б) – срезы одной из соединяемых образцов высекаются под углом 45° от верхней и нижней точек срезов детали, образуя острый угол; срезы другой из соединяемых образцов высекаются под углом 45° от верхней и нижней точек срезов детали, образуя в острый угол – типовая структура шва.

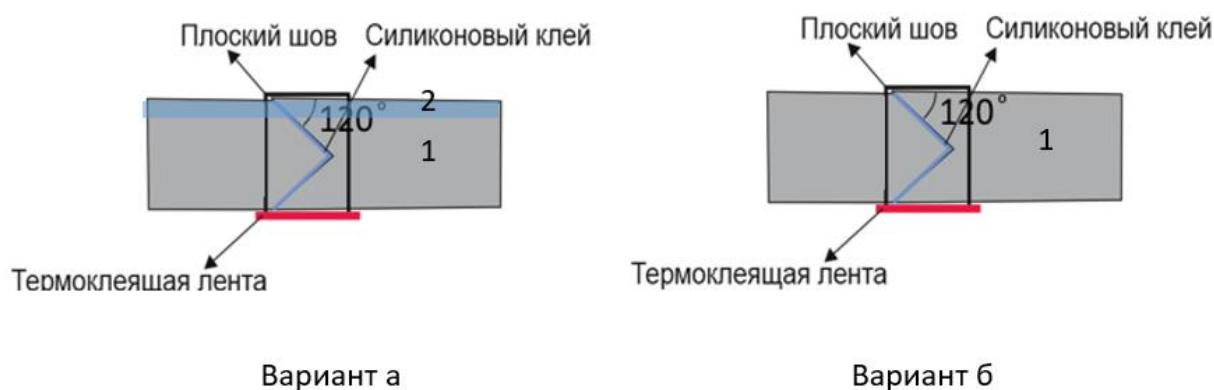


Рисунок 67 – Структура нового герметичного соединительного шва: а) – 1 вспененный хлоропрен (неопрен и другие типа вспененной резины) + 2 – поверхностный барьерный термозащитный слой / покрытие; б) – 1 вспененный хлоропрен (неопрен и другие типа вспененной резины)

Подготовленные для испытаний образцы были установлены по меткам в зажимы испытательной машины (разрывная машина РТ-250 [149]) таким образом, чтобы продольная ось образца совпадала с осью приложения нагрузки и осью зажимных губок.

Испытание проводились постепенным наращиванием нагрузки до разрушения образца. Далее фиксируется наибольшая нагрузка, достигнутая при испытании.

Показатели оценки прочности герметичного соединительного шва деталей одежды из монокомпонентных материалов с поликомпонентным покрытием представлены двух типов представлены на рисунке 68.

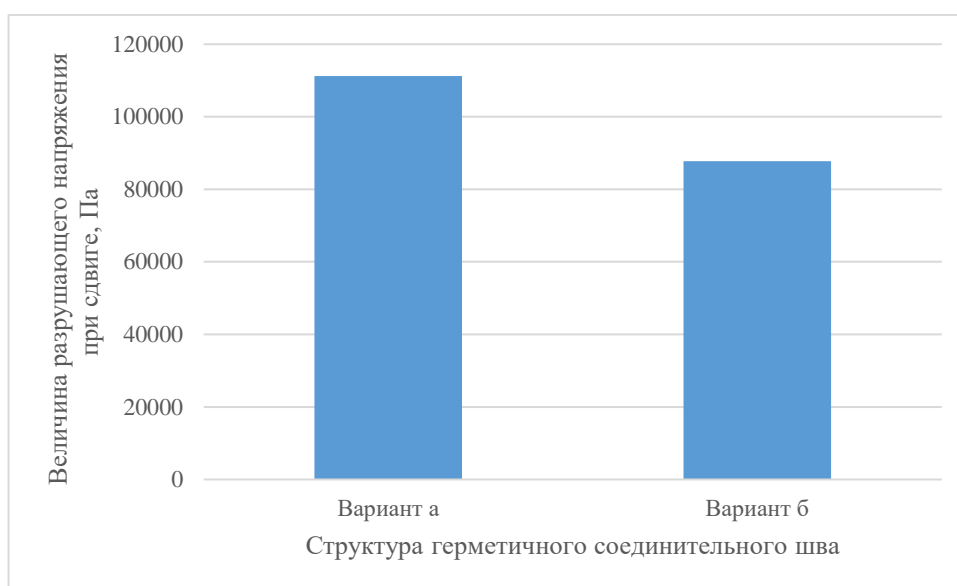


Рисунок 68 – Влияние структуры герметичного соединительного шва на величину разрушающего напряжения при сдвиге

Согласно представленным результатам (рисунок 68) было установлено, что прочность герметичного соединительного шва деталей одежды из монокомпонентных материалов с поликомпонентным покрытием превышает показатели прочности типового соединительного шва на 21 %. Это позволяет применять такие швы на участках повышенной деформации растяжения.

На разработанную структуру и способ получения нового герметичного соединительного шва для гидроодежды сварщиков получен Патент RU 2791020 на изобретение Российской Федерации «Способ герметичного соединения деталей из монокомпонентных материалов с поликомпонентным покрытием» (Приложение У) [263].

Разработанный способ получения новой структуры герметичного соединительного шва термозащитного гидрокостюма сварщика, который позволяет прочно соединять материалы поликомпонентной структуры, а также представленные выше разработки маршрута процесса изготовления такого изделия с учетом установленных критериев для технологических приемов и применяемого

оборудования, привели к задаче оснащения технологическим оборудованием процесса реализации производственных процессов.

Конструкции технологических узлов изделия разработаны с учетом прогрессивных методов обработки и новых разработанных способов получения соединительного шва, физико-технических и технологических свойств новых материалов, обеспечения высокого уровня механизации и автоматизации ручного труда, снижения трудовых затрат и качественного изготовления изделия.

Сформированы и разработаны основные характеристики технологического оборудования для исследуемого технологического процесса.

В таблице Ф.1 Приложения Ф представлена характеристика рекомендуемого технологического оборудования. С учетом новой структуры соединительных швов, разработанной на данном этапе, а также особенностей предложенных методов обработки, в качестве специализированного оборудования, расширяющего типовой состав комплектации технологических процессов при производстве гидрокостюмов, являются Shing Ling SL-7B-400, Juki MO-6800D, Juki LHP-PP1, JUKI LK-1903B.

5.2 Разработка и исследование метода автоматизированного управления планом производства инновационных швейных изделий для подводных сварщиков

5.2.1 Обоснование метода управления инновациями для производственно-технологических процессов в швейном производстве

Разработанные научные и проектные решения позволяют, с одной стороны, обеспечить швейное производство информацией и методиками для создания инженерной документации на новый вид швейных изделий, а с другой стороны, разработанный комплекс методов и технологических решений направлен на

производство принципиально нового вида защитной одежды, для которой ранее не существовало сформированного сегмента рынка и системы постановки на производство таких швейных изделий, то есть это продукция с высокой инновационной составляющей и высокой неопределенностью и несформированностью готового рынка.

Такой высокий уровень инноваций, достигнутый в предложенных научно-технологических решениях защитной одежды, требует исследований и разработки новых способов управления планом швейного производства для снижения рисков и повышения рыночной эффективности инновационного развития швейного предприятия. Вопрос эффективности принимаемых решений в условиях рыночных отношений актуален в разных областях. Исключением не стало и швейное производство.

Повышение инновационной восприимчивости является установившейся задачей современного индустриально развитого государства. Согласно данным рейтинга стран мира по индексу инноваций Россия имеет условную позицию 38,8. [266]. Недостаточное пока развитие инноваций в промышленности обусловлено многими причинами, одной из которых является недостаточно эффективное управление планом производства инновационной продукции промышленности [266]. Понятие «инновация» трактуется как процесс внедрения новой идеи и ее положительный результат [266].

Разработка, внедрение в производство продукции, имеющей патентную новизну, несет важное значение для повышения конкурентоспособности и устранения зависимости предприятия от несовпадения жизненных циклов производимой продукции [266–269]. Однако всегда возникает проблема окупаемости инновационных решений.

Особенностью инновационной деятельности является высокая степень риска: нарушение сроков, перерасход ресурсов, закрытие инновационного проекта [269]. Для обеспечения особенностей инновационного проекта, разработки плана внедрения продукта на рынок, оценки рисков используется понятие инновационного менеджмента [270–274].

Управление инновационной деятельностью способствует выработке стратегии инноваций, а также приемов, направленных на воплощение инноваций в жизнь. Предприятию необходимо определение наиболее подходящего плана постановки на производство новой продукции, защищенной патентом, обеспечивающий положительный эффект производства [275–278].

Правильное развитие инновационного менеджмента возможно либо, опираясь на субъективный опыт специалиста производственной компании и его аналитические способности, либо на формальные алгоритмы [274–278].

Первый путь имеет свои преимущества в учете многих внутренних возможностей и ограничений предприятия. Однако главная проблема – неустойчивость решений и высокий уровень зависимости от многих субъективных признаков отдельных людей, что необходимо исключить из факторов принятия решений.

В части существующих стандартных способов формального принятия решений о запуске новой продукции можно выделить основанные на стандартах, представленных в Приложении X в таблице X.1 [290].

Анализ результатов систематизации стандартных методов управления процессами внедрения в производство инноваций показал, что они практически не позволяют показывать возможные сценарии перспективного развития производства, не выявляют уровень возникаемых рисков при внедрении продукции, имеющей патентную новизну, а также не учитывают специфику предприятия швейного производства по отношению к технологическим инновациям.

С целью выбора опорного метода для организации поиска решений о запуске той или иной модели внедрения инновационного швейного изделия в производство были изучены современные методы оценки эффективности разработки и производства нового продукта, характеристики которых систематизированы и представлены в таблице X.2 в Приложении X [264–289].

На основе проведенного анализа (таблица X.2) выявлено, что используемые современные методы оценки эффективности разработки нового продукта

базируются на аналогах новой продукции, что усложняет работу с инновационными изделиями, имеющими патентную новизну и ограниченными в выборе рыночных аналогов, и применением представленных методов для поиска решений о пути внедрения инновации.

Для решения поставленных задач предлагается выделить методику, основанную на теории игр. Данная теория была изучена и выбрана в качестве основы, которая дает возможность предусмотреть ходы своих партнеров и конкурентов без прямой оценки аналогов, позволяя формализовать субъективно независимые решения о постановке на производство швейных изделий с высоким индексом инноваций [300–310].

5.2.2 Разработка методики применения теории игр для управления инновациями в швейной промышленности

В настоящее время роль метода теории игр возросла во многих областях наук. Данный метод позволяет предусмотреть ходы возникаемых событий.

Теория игр является разделом математической экономики, целью которой является разработка наиболее рациональных вариантов стратегических решений «игроков» процесса в условиях «конфликтной ситуации». Конфликтом является любая ситуация, в которой затронуты интересам двух и более участников, традиционно называемых игроками (оппонентами решений).

В рамках настоящей задачи «игроки» – это условные сторонники альтернативных решений по организации инновационного швейного производства.

Для каждого игрока существует определенный набор стратегий, которые он может применить. Пересекаясь, стратегии нескольких игроков создают определенную ситуацию, в которой каждый игрок получает определенный результат, называемый выигрышем, положительным или отрицательным [280–

299]. В рамках текущей задачи – это может быть одним из альтернативных путей принятия решений для запуска инновационных изделий в производство.

Еще одним основным понятием данной теории является стратегия игрока. Под ней понимаются возможные действия, позволяющие игроку на каждом этапе игры выбирать из определенного количества альтернативных вариантов такой ход, который представляется ему «лучшим ответом» на действия других игроков. Относительно концепции стратегии следует заметить, что игрок определяет свои действия не только для этапов, которых фактически достигла конкретная игра, но и для всех ситуаций, включая и те, которые могут и не возникнуть в ходе данной игры. На основе анализа [280–299] были выявлены области применения теории игр в науке, характеристики и систематизация которых представлена в Приложении Ц в таблице Ц.1.

Анализ полученных результатов позволяет увидеть закономерность и применимость теории игр в каждой сфере: анализ конфликтов, используя математические методы. В конфликте каждый игрок (носитель альтернативной концепции действий) имеет цели и достигает их, принимая разные стратегические решения. При решении проблем развития инновационной швейной промышленности возникают ограничения в виде нестабильности рисков. Данные задачи не затрагивались ранее теорией игр, что представляет значительный теоретический и прикладной интерес.

Стабильное функционирование предприятий в условиях современной рыночной экономики возможно путем достижения позитивного эффекта производства, в том числе швейного производства.

Поэтому возникают задачи, применимые в сфере технологии швейных изделий: оценка рисков и инновации, ее готовность к внедрению, принятие решений о бизнес-модели и расчёт плана постановки на производство нового изделия, обладающего патентной новизной, но имеющего риски входа на рынок, нивелирование рисков и обеспечение высокой вероятности получения стабильного позитивного коммерческого эффекта производства инновационных швейных изделий.

На основе изложенного предложена новая система организации процесса внедрения инновационной швейной продукции в производство и на рынок, базирующаяся на формировании решений о запуске и фактическом плане производства на основе теории игр, маршрут реализации которой представлен на рисунке 69.

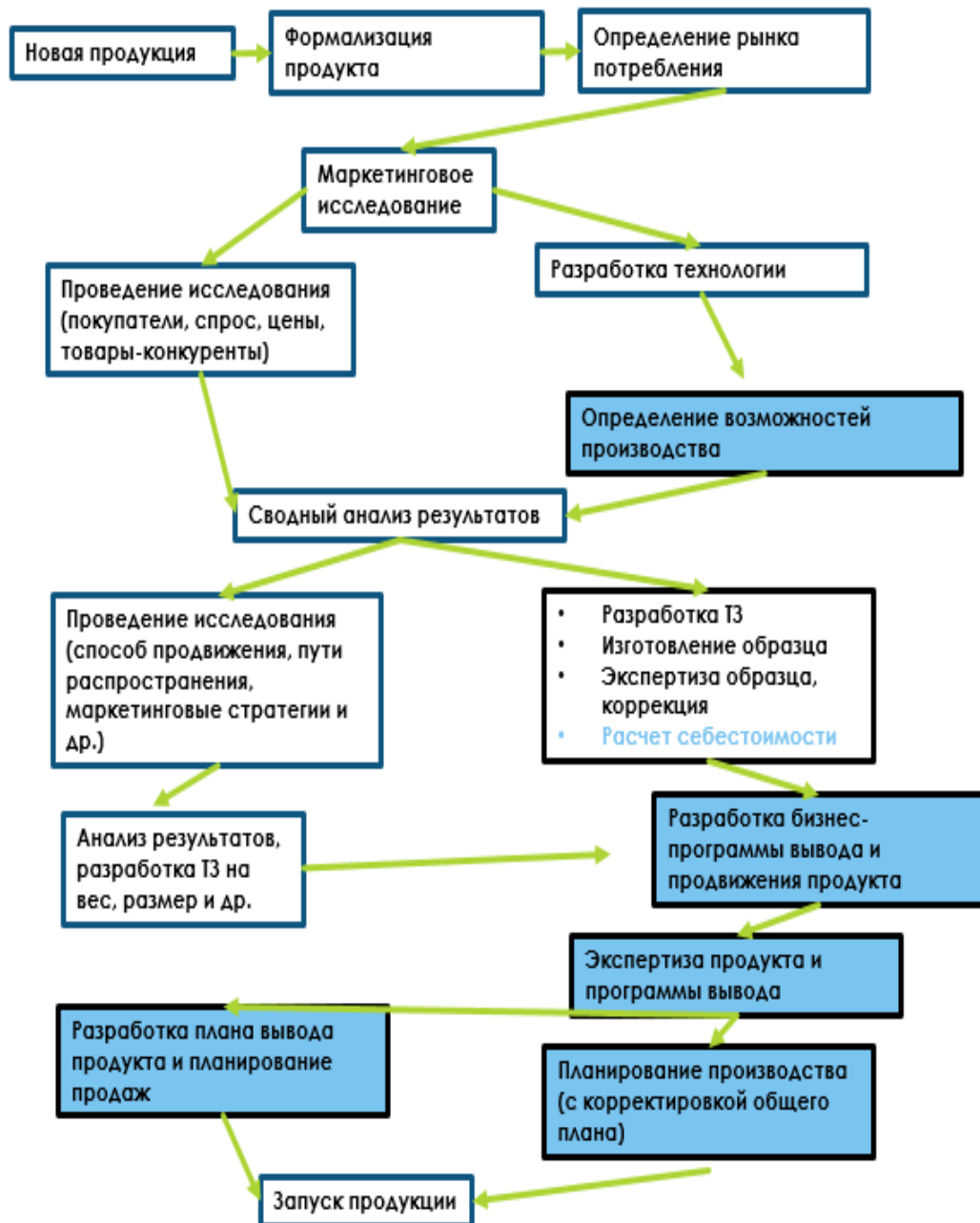


Рисунок 69 – Схема маршрута реализации новой концепции процесса внедрения инновационной швейной продукции в производство и на рынок

На рисунке выделены цветом блоки, решаемые путем использования новой методологии для данного направления задач в легкой промышленности – теории игр [299].

Для исследования и фактической реализации предложенной концепции организации работы инновационно ориентированного швейного производства в качестве объекта исследования с применением теории игр является инновационный продукт: термозащитный гидрокостюм для подводной сварки с дополнительной поверхностной защитой от брызг раскаленного металла.

Предметом исследования являются процессы управления инновационной деятельностью предприятий по производству инновационной продукции швейной промышленности, методы выявления и результаты выбранных коммерческих решений.

Теоретической и методологической базой данного раздела исследования являются теория игр, методы экономического анализа, методы системного анализа рынка, стратегии управления производством, вопросы управления кадровыми, техническими и организационными ресурсами, теория инновационного и инвестиционного менеджмента, методы коммерческой реализации производственных проектов.

Информационной базой исследования являются данные Росстата [298–300]: статистические данные рыночной цены ближайших продуктов-аналогов; законодательные и нормативно-правовые акты Президента и Правительства РФ: Концепция инновационной политики Российской Федерации: [298], Программа антикризисных мер правительства [298–300].

С целью реализации представленных концепций и математических методов разработан алгоритм выбора инновационных решений на предприятиях швейной промышленности с использованием теории игр (Приложение Ц), представленные на рисунках Ц.1. и Ц.2

Наиболее распространённой в теории игр является конечная парная игра с нулевой суммой (антагонистическая игра двух лиц или двух коалиций), называемая матричной игрой [280–299].

Составляемая при решении поставленных задач матричная игра имеет вид 3×2 игры. Методы решения данной игры: графическим метод; решение игр $(m \times n)$, приближенный метод решения матричных игр $(m \times n)$.

Эффективность метода определяется скоростью, с которой компьютер генерирует и оценивает варианты [280–290], поэтому в качестве основного метода выполнения расчета при использовании программного продукта используется симплекс-метод.

Схема решения матричной игры с помощью теории игр (симплексного метода) включает следующие решения с учетом введенных критериев эффективности производственных процессов швейного предприятия:

1) Составлена матричная игра размера (3×2) :

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \\ a_{31} & a_{32} \end{pmatrix}$$

a_{11} – прибыль от производства ≥ 15 %, при условии производства инновационной продукции на основе изготовления крупных партий;

a_{21} – прибыль от производства ≥ 15 %, при условии производства инновационной продукции на основе изготовления малых партий;

a_{31} – прибыль от производства ≥ 15 %, при условии производства инновационной продукции на основе продажи лицензии на патент;

a_{12} – прибыль от производства ≤ 15 %, при условии производства инновационной продукции на основе изготовления крупных партий;

a_{22} – прибыль от производства ≤ 15 %, при условии производства инновационной продукции на основе изготовления малых партий;

a_{33} – прибыль от производства ≤ 15 %, при условии производства инновационной продукции на основе продажи лицензии на патент.

(шкалы градации условий введены на основе систематизации статистических данных вероятностной производственной деятельности швейных предприятий [5]);

2) выполнена проверка на наличие седловой точки [270–288]:

$a = \min(A_i)$ – максиминная стратегия игрока А (число минимальное в строке, максимальное из минимальных);

$b = \max(B_i)$ – минимаксная стратегия игрока В (число максимальное в столбце, минимальное из максимальных);

Если $\min(A_i) \neq \max(B_i)$, то решением игры будут смешанные оптимальные стратегии, а цена игры v заключена в пределах $a < v < b$.

Нахождение оптимальных смешанных стратегий $\bar{x} = (x_1, x_2, x_3)$ и $\bar{y} = (y_1, y_2)$ аналогично решению задач линейного программирования [280–298].

Задача первого «игрока» (обладателя одного из возможных управленческих решений в швейном производстве):

найти $\max v$ при условиях [280–298] (23):

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{21}x_2 + a_{31}x_3 \geq v \\ a_{22}x_1 + a_{22}x_2 + a_{32}x_3 \geq v \\ x_1 + x_2 + x_3 = 1 \\ x_i \geq 0 \ (i = 1, 2, 3) \end{cases} \quad (23)$$

Задача второго «игрока» (обладателя альтернативного / второго из возможных управленческих решений в швейном производстве):

найти $\min v$ при условиях [270–288] (24):

$$\begin{cases} a_{11}y_1 + a_{22}y_2 \leq v \\ a_{21}y_1 + a_{22}y_2 \leq v \\ a_{31}y_1 + a_{32}y_2 \leq v \\ y_1 + y_2 + y_3 = 1 \\ y_j \geq 0 \ (j = 1, 2) \end{cases} \quad (24)$$

Поскольку элементы матрицы A положительны, условие игры $v > 0$. Заменой переменных приходим к следующим задачам.

Задача первого «игрока» найти минимальное значение (25):

$$F = x_1 + x_2 + x_3 \ (\min) \quad (25)$$

При условиях (26):

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{21}x_2 + a_{31}x_3 \geq 1 \\ a_{22}x_1 + a_{22}x_2 + a_{32}x_3 \geq 1 \\ x_1 + x_2 + x_3 = 1 \\ x_i \geq 0 \quad (i = 1, 2, 3) \end{cases} \quad (26)$$

Задача второго «игрока» [280–298] найти максимальное значение (27):

$$F = y_1 + y_2 \quad (\max) \quad (27)$$

При условиях [280–298] (28):.

$$\begin{cases} a_{11}y_1 + a_{22}y_2 \leq 1 \\ a_{21}y_1 + a_{22}y_2 \leq 1 \\ a_{31}y_1 + a_{32}y_2 \leq 1 \\ y_1 + y_2 + y_3 = 1 \\ y_j \geq 0 \quad (j = 1, 2) \end{cases}, \quad (28)$$

$$\text{где } x_1 = \frac{x_1}{v}, y_1 = \frac{y_1}{v}, F_{\min} = F_{\max} = \frac{1}{v}$$

Данный метод, предложенный для решения поставленных задач работы, позволяет выявить рациональный проект производства инновационных швейных изделий: учесть риски инновации, ее готовность к внедрению, принять решение о бизнес-модели и рассчитать план постановки на производство нового изделия, обладающего патентной новизной и имеющего риски входа в рынок инноваций, нивелировать в полезной степени эти риски с обеспечением высокой вероятности получения стабильного позитивного коммерческого эффекта производства

5.2.3 Разработка и апробация алгоритма и компьютерной программы автоматизированного формирования плана производства инновационных швейных изделий для подводных сварщиков

Логическая схема формирования алгоритма выбора инновационных решений с использованием теории игр включает восемь этапов (рисунок 70).



Рисунок 70 – Логическая схема формирования алгоритма выявления решений внедрения инновационных швейных изделий в производство с использованием теории игр

Для информационно-логического обеспечения первого этапа процесса систематизированы и охарактеризованы типы инноваций, представленные в таблице Ц.3 Приложения Ц. На первом этапе потребитель выбирает тип инновации (используя таблицу приложения Ц.3), в соответствии с которым будет осуществляться основная инновационная деятельность швейного предприятия.

На втором этапе определяется предполагаемая мощность предприятия. В работе рассматривается два уровня мощности швейного производства с учетом специфики производства: малое и крупное (таблица 15).

Таблица 15 – Характеристики рассматриваемых уровней мощности производства и их специфики [300]

Фактор	A1 Малое	A2 Крупное
1	2	3
Выпуск изделий в смену	10–50 шт	Более 50 шт
Номенклатура	Неограниченна я	Одно или несколько изделий
Повторяемость выпуска	Не повторяется	Постоянно повторяется
Применяемое оборудование	Универсальное	Специальное
Расположение оборудования	Групповое	Цепное
Разработка технологического процесса	Укрупненный метод (на изделие, на узел)	Подетально-пооперационная
Применяемый инструмент	Универсальный	Специальный
Квалификация рабочих	Высокая	В основном невысокая, но имеются рабочие высокой квалификации (наладчики, инструментальщики)
<u>Себестоимость</u> единицы изделия	Высокая	Низкая

На третьем этапе производится расчет производственной программы в натуральном измерении [299, 300].

На четвертом этапе алгоритма – плановая калькуляция на пошив изделия [299–300].

На пятом этапе алгоритма – на базе расчетов второго и третьего этапов формируется матричная игра (таблица 16).

Таблица 16 – Формируемая матричная игра (на основе методологии теории игр)

«ИГРОКИ»	B1	B2
A1	a11	a12
A2	a21	a22
A3	a31	a32

Игроки А: А1 – крупное производство, А2 – малое производство, А3 – продажа патента (берется из предварительных расчетов стоимости прибыли, полученной от продаж лицензии);

Игроки В: В1 – благоприятный исход, В2 – неблагоприятный исход; элементы матричной игры в соответствии с разработанной выше схемой.

На шестом этапе – решение о внедрении инновационных швейных изделий для подводных сварщиков в производство с использованием теории игр в соответствии с логической схемой, представленной на рисунке 71.

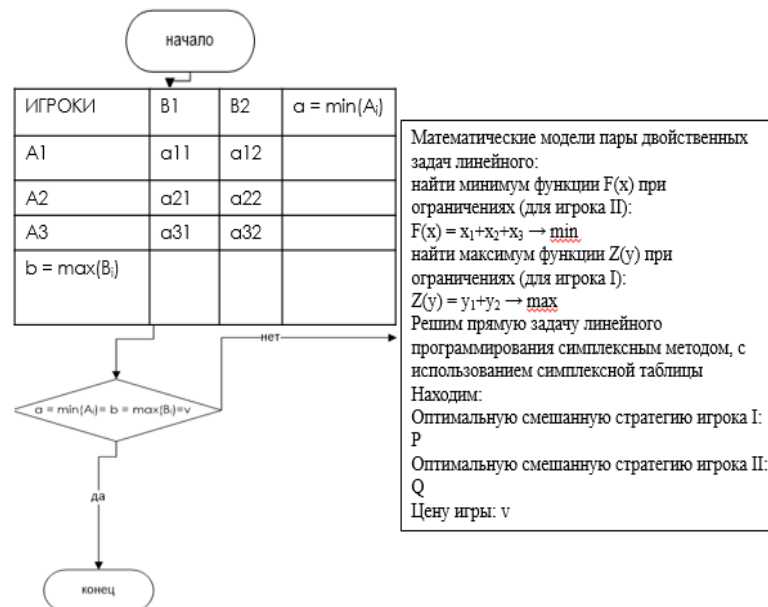


Рисунок 71 – Схема внедрения инновационных швейных изделий для подводных сварщиков в производство с использованием теории игр симплекс методом

Принцип решения матричной игры представлен в Приложении Ц.

На седьмом этапе проводится оценка модели на адекватность (29):

$$\sum a_{ij}q_j \leq v, \sum a_{ij}p_i \geq v. \quad (29)$$

На восьмом этапе алгоритма выявления решений по распределению мощностей предприятия для производства инновационной продукции разработан алгоритм, характеризующий полученные (ожидаемые к получению) значения

прибыли во всех трех вариантах типов предприятия, принимая рыночную цену на основе статистических данных [1–6].

Модель применения матричной игры в виде алгоритма формирования характеристики готовности швейного изделия к постановке на производство с использованием теории игр представлена на рисунке 72.



Рисунок 72 – Алгоритм формирования характеристики готовности швейного изделия к постановке на производство

Результаты расчета позволяют сформировать рекомендации распределения мощностей предприятия для производства инновационной продукции и тем самым:

– сократить вероятность возникновения неликвида путем предварительного прогнозирования и рекомендаций, определяющих объем распределения мощностей предприятия для производства инновационной продукции на основе изготовления крупных, малых партий или получение прибыли от производства инновационных изделий обеспечить путем продажи лицензии на патент;

– обосновать готовность швейного изделия к постановке на производство (в случае неготовности – сформировать рекомендации по технологическим доработкам, переоценке рыночной ситуации, характеристикам себестоимости, по повышению лояльности, снижению рисков).

Предложенная концепция, разработанная методология и алгоритмы решения поставленной задачи были реализованы в специальном программном продукте – компьютерной программе автоматизированного управления планом производства инновационных швейных изделий, которая направлена на автоматизацию проектирования процессов производства инновационных швейных изделий путем применения теории игр. Данная программа и положенный в ее основу методологический аппарат протестированы для оценки готовности и формирования плана постановки на производство разработанного нового вида термозащитного гидрокостюма для подводной сварки, обладающего высоким индексом инновационности.

Согласно данным [311–313] о мощностях швейного производства, а также согласно статистическим данным «Ассоциация подрядчиков подводно-технических работ» [23], с учетом фонда рабочего времени на планируемый год [313–322], для работы созданного алгоритма применяется материальная смета на пошив разрабатываемого костюма для подводных сварщиков.

Результат обработки исходных данных в компьютерной среде разработанной программы автоматизированного расчета плана производства инновационных

швейных изделий для подводных сварщиков позволил получить модель, определяющую параметры рационального проекта производства инновационного изделия (термозащитный гидрокостюм для подводной сварки), для которой интерфейс показан на рисунке 73.

Согласно полученному прогнозу (для предприятия малой мощности):

- оптимальная стратегия – производство инновационной продукции на основе изготовления крупных партий;
- проектируемое производство следует направить на изготовление 44% традиционных изделий, а ожидаемую прибыль от производства инновационных изделий обеспечить путем продажи лицензии на патент.

В автоматизированном режиме также можно разработать плановую калькуляция внедрения инновации в швейное производство.

Рассчет производственной программы в натуральном измерении | Плановая калькуляция на пошиве швейного изделия

Малое производство		Крупное производство	
Выпуск изделий в смену	30	Выпуск изделий в смену	200
Количество рабочих дней в году	224	Количество рабочих дней в году	224
Количество смен	1	Количество смен	1
Планируемый объем производства	6720	Планируемый объем производства	44800
Часовая тарифная ставка i-го вида работ	155	Часовая тарифная ставка i-го вида работ	155
Норма времени на единицу i-го вида работ	0,33	Норма времени на единицу i-го вида работ	0,33
Сдельная расценка	51,15	Сдельная расценка	51,15
Прямой фонд заработной платы, тыс. р	343728	Прямой фонд заработной платы, тыс. р	2291520
Козф. доплат до часового фонда зарплаты	1,3	Козф. доплат до часового фонда зарплаты	1,1
Часовой фонд зарплаты	446846,4	Часовой фонд зарплаты	2520672
Козф. доплат до дневного фонда зарплаты	1,02	Козф. доплат до дневного фонда зарплаты	1,03
Дневной фонд зарплаты	455793,32	Дневной фонд зарплаты	2596292,1
Козф. доплат до месячного фонда зарплаты	1,05	Козф. доплат до месячного фонда зарплаты	1,05
Месячный фонд зарплаты	478572,49	Месячный фонд зарплаты	2726106,7

Общие

Прибыль от продажи патента: 100
 Порог для исходов, %: 15
 Рыночная цена: 1000

Подсказки

Редактируемые ячейки:
 Вычисляемые ячейки:
 Значения по умолчанию:

Рассчитать

Платежная матрица

	Благоприятный исход	Неблагоприятный исход
Малое производство	31839760,0525604	159198800,262802
Крупное производство	136963196,639035	913087977,593568
Прибыль от продажи патента	100	100

Решение:
 Найдена седловая точка $v = 136963196,639035$
 Стратегия A2 является оптимальной
 Стратегия B1 является оптимальной

Выводы:
 Отпускная цена малого производства больше рыночной цены - производство не рекомендуется
 Отпускная цена крупного производства больше рыночной цены - производство не рекомендуется

Рисунок 73 – Результат обработки данных, определяющий рациональность проекта производства инновационного изделия (термозащитный гидрокостюм для подводной сварки)

При разработке программы были учтены и автоматизированы [313–318]:

- расчет затрат на разработку и цены программы;
- расчет и сопоставление капитальных вложений по сравниваемым вариантам;

- расчет и сопоставление эксплуатационных расходов по сравниваемым вариантам;
- расчет показателей эффективности и годового экономического эффекта от внедрения результатов разработки;
- сводные экономические показатели по разработке программы.

По результатам представленной разработки в Федеральном институте промышленной собственности РФ зарегистрировано Свидетельство на программу для ЭВМ № 2019665913 [322] «Программа автоматизированного управления планом производства инновационных швейных изделий», представленное в Приложении Ч.

5.2.4 Промышленная апробация и оценка результатов исследований и новых технологий гидроодежды специального назначения

Разработанные научные и технологические решения и разработки в технологиях гидроодежды специального назначения были оценены на соответствие поставленным целям, критериям и ожидаемому эффекту применения.

Настоящая работа, которая выполнена, в том числе, в рамках научно-исследовательских проектов по гранту Фонда содействия инновациям (Рег.№222022200001-5) совместно с швейной фабрикой ООО «Фабрика АКВАТИМ» (г.Ростов-на-Дону), позволила непосредственно на данном предприятии выполнить апробацию и оценку ряда новых наукоемких разработок по тематике диссертационного исследования (рисунок 74).

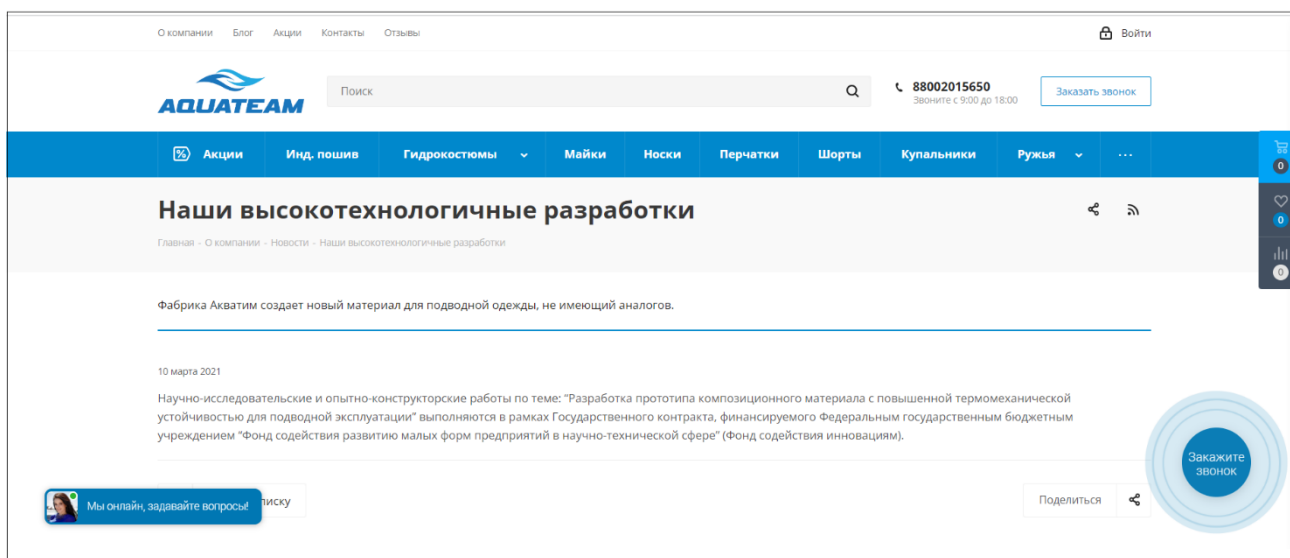


Рисунок 74 – Интерфейс-информация швейного предприятия ООО «Фабрика АКВАТИМ» (г.Ростов-на-Дону) о производственной площадке исследований и апробации научно-технических разработок по тематике диссертационного исследования

Такая апробация выполнена для следующих объектов:

- новый термостойкий комбинированный материал для полизональной оболочки защитного гидрокостюма, ориентированного для применения в условиях подводной сварки и других подводных термических рисков;
- рекомендации по технологии обработки швов для применения нового материала при производстве гидрокостюмов.

Оценка представленных объектов внедрения выполнена путем проведения опроса квалифицированных специалистов швейного производства ООО «Фабрика АКВАТИМ». Результаты обработки данных оценочного исследования (опроса) позволили установить выводы о качестве предложенных разработок.

Результат применения и выводы специалистов швейного производства: для предприятия – расширены технологии производства гидроодежды, что позволяет расширять круг потребителей и повышать качество продукции;

- для потребителей: в сфере спецодежды для подводных сварщиков альтернатив предложенным решениям до настоящего времени не было, что дает

инструменты для повышения безопасности подводного труда и сохранения гидроодежды на более длительных срок эксплуатации.

Выводы: предложенные разработки диссертационного исследования будут применяться в дальнейшем периоде производства гидроодежды для подводных работ.

Акт внедрения результатов диссертации в ООО «Фабрика АКВАТИМ» (г.Ростов-на-Дону) представлен в Приложении Ш (рисунки Ш.1, Ш.2).

Результаты диссертационных исследований были использованы при разработке и производстве швейных изделий на предприятии ИП «Ярмыш Н.В.» (швейное предприятие по производству гидроодежды с торговой маркой «AQUADISCOVERY», г.Ростов-на-Дону) путем внедрения новых методов проектирования термозащитной одежды для подводных специалистов, предложенных и сформулированных автором.

Результат применения и выводы специалистов швейного производства: разработанные в диссертации рекомендации по конструктивному решению гидрокостюма специального назначения, обладающего повышенной зональной устойчивостью к опасным термическим воздействиям подводных технологических процессов, были использованы в процессах промышленного проектирования гидроодежды, что позволило повысить качество производимой продукции для подводной эксплуатации, а также расширить ее ассортимент.

Акт внедрения результатов диссертации в ИП «Ярмыш Н.В.» / «AQUADISCOVERY», г.Ростов-на-Дону, представлен в Приложении Ш (рисунки Ш.3, Ш.4).

С целью оценки итогового качества швейных изделий важными являются задачи проверки достигнутых в работе критериев термической безопасности и общей стабильности структуры оболочки защитной гидроодежды подводных сварщиков могут. Они могут быть оценены с помощью методов лабораторного тестирования, которое характеризуется значительными ограничениями в связи с необходимостью выполнения глубоководных работ и подводной сварки одновременно в имитационных условиях.

Альтернативой являются методы натуральных испытаний и промышленной носки. Последний вариант оценки является максимально достоверным, так как учитывает производственные условия швейного предприятия, и реальные комплексные условия непосредственного применения одежды в природной среде. Кроме того, такой метод учитывает накопительные данные и оценки, суммируемые за продолжительный период времени.

Такой метод оценки возможен для реализации только на предприятии, в функции которого входит систематическое выполнения водолазных работ с подводной сваркой и применением для специалистов-сварщиков защитной гидроодежды. Площадкой для внедрения результатов диссертации и оценки основных свойств термозащитных костюмов для подводных сварщиков стало предприятие ООО "Донская подводно-строительно-монтажная компания"/ ООО "Донподводстроймонтаж" (г. Ростов-на-Дону).

Характеристики объекта внедрения – термозащитные детали и изделия специального подводного снаряжения (гидроодежды, СИЗ) из нового комплексного поликомпонентного эластичного материала с барьерной термической защитой от воздействий сварочного процесса под водой.

Период внедрения – с 10.10.2022 по настоящее время.

Результат применения и выводы специалистов швейного производства: устойчивость оболочки защитной гидроодежды к термическому воздействию частиц горячего металла в воде, что позволяет сохранять целостность и гидротеплозащитные свойства подводного снаряжения сварщиков.

Акт внедрения результатов диссертации в ООО "Донподводстроймонтаж" (г. Ростов-на-Дону) представлен в Приложении Э (рисунок Э.5).

Анализ полученных результатов внедрения, апробации и оценки свойств и функций показал, что установленные термические критерии к материалам и оболочке термозащитного гидрокостюма подводного сварщика достигнуты, разрушения структуры поверхности гидрокостюмов после продолжительного применения не наблюдается.

Кроме того, применение новых по технологии материалов и производства видов (образцов) гидроодежды позволило констатировать социальный эффект, подтвержденный профильными специалистами ООО "Донподводстроймонтаж": разработанные термозащитные детали и изделия специального подводного снаряжения (гидроодежды, СИЗ) представляют собой новую категорию средств индивидуальной защиты от термического воздействия сварочного процесса под водой, что увеличивает срок эксплуатации изделий, их надежность, а также обеспечивает главный результат – защищенность и нормальное функционирование тела специалиста в условиях подводной сварки.

Результаты настоящего диссертационного исследования содержат не только объекты, внедряемые непосредственно на швейном производстве или в технологиях промышленной подводной сварки, но и те, которые позволяют формировать новые знания, расширять инструменты, методики и компетенции в проектировании и производстве швейных изделий специального назначения.

Таким объектом разработки является компьютерная программа «Программа автоматизированного управления планом производства инновационных швейных изделий», которая включена в образовательный процесс и используется при выполнении практических / лабораторных работ по дисциплинам:

- «Конструкторско-технологическая подготовка технологических процессов» (направление подготовки 29.04.01 «Технология изделий легкой промышленности», образовательная программа «Технология швейных изделий»);
- «Оптимизация технологических процессов» (направление подготовки 27.04.05 «Инноватика», образовательная программа «Текстильные технологии Технологии швейных изделий»).

Акт внедрения результатов диссертации в Институте сферы обслуживания и предпринимательства (филиале) Донского государственного технического университета в г. Шахты Ростовской области представлен в Приложении Ш (рисунки Ш.6, Ш.7).

Выводы по пятой главев

1. С учетом особенностей структуры и свойств новых разработанных поликомпонентных материалов разработаны схемы технологической сборки мужского термозащитного гидрокостюма для подводной сварки, включающие новые специальные блоки по формированию полизональной оболочки швейных изделий с деталями повышенной термостойкости.
2. Для обеспечения высокого качества гидроизоляции в местах соединения деталей одежды из поликомпонентных материалов разной структуры, имеющих вспененные и силиконовые компоненты различной толщины, разработана новая структура гидроизоляционного соединительного шва с повышенной механической эксплуатационной эффективностью. Достижение повышенной прочности соединения и, соответственно, стабильности гидроизоляции достигается за счет специальной геометрии сопрягаемых участков материалов в шве путем техники предварительного высечения контуров, применения гибридного скрепления клеевыми и ниточными элементами. Результат сравнительных экспериментальных исследований нового и типового соединительного шва показал преимущество первого по прочности на 21%. На разработанную структуру и способ получения нового шва для гидроодежды сварщиков получен Патент на изобретение Российской Федерации RU 2791020 «Способ герметичного соединения деталей из монокомпонентных материалов с поликомпонентным покрытием».
3. Для практической реализации предложенных инновационных инженерных решений разработана специальная комплектация технологического процесса оборудованием, позволяющим обеспечить качество производства полизонального гидрокостюма для подводного сварщика с учетом новых методов обработки.
4. С целью обеспечения позитивной эффективности работы швейного предприятия, которое решает внедрить в производство принципиально новые по функциям и свойствам швейные изделия (термозащитный гидрокостюм сварщика и другие СИЗ с высоким индексом инновативности), предложена новая концепция

и методика принятия таких решений, позволяющих комплексно учесть производственные ресурсы предприятия и снизить рыночные риски, реализованные путем внедрения математической теории игр в технологии планирования производством.

5. Разработан алгоритм, на основе которого создана компьютерная программа автоматизированного формирования плана производства инновационных швейных изделий, формализованные на основе математической теории игр с применением методов линейного программирования, апробированные для постановки на производство инновационных СИЗ для подводных сварщиков. По результатам представленной разработки в Федеральном институте промышленной собственности РФ зарегистрировано Свидетельство на программу для ЭВМ № 2019665913 «Программа автоматизированного управления планом производства инновационных швейных изделий».

6. Разработанная методология, алгоритмы и компьютерная программа позволяют обеспечить решение проектных и организационных задач с целью определения оптимальной стратегии внедрения инновационного изделия в швейное производство, что позволило заложить основы новой технологии автоматизированного управления планом производства инновационных швейных изделий для подводных сварщиков.

7. Выполнена комплексная оценка объектов разработки и анализ промышленной апробации результатов диссертационной работы, которые внедрены в ООО «Фабрика АКВАТИМ» (предприятие швейного производства, г.Ростов-на-Дону); в ИП Ярмыш Н.В. «AQUADISCOVERY», (предприятие швейного производства, г. Ростов-на-Дону); в ООО «ДОНПОДВОДСТРОЙМОНТАЖ», (предприятие промышленных водолазных работ, г. Ростов-на-Дону); в Институте сферы обслуживания и предпринимательства (филиале) Донского государственного технического университета в г. Шахты Ростовской области (получены положительные заключения).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основе изучения современных направлений и особенностей применения технологий подводной сварки установлено отсутствие спецодежды для подводных сварщиков, в условиях труда которых выявлены особые термические риски от воздействия частиц горячего металла, которые даже в воде приводят к повреждениям гидроодежды и рискам ожогов человека.
2. Разработана и исследована система «человек – сварочный процесс – подводная среда» для проектирования защитной одежды, на основе которой обоснованы и сформулированы требования к новому виду спецодежды для подводной сварки. Эти требования на базе проведенных эргономических исследований включают выявленные особые участки зонирования повышенных термозащитных свойств спецодежды: в первую очередь – области предплечий на поверхности рук, поверхность груди, захватывая зоны плеч, а также зоны локтей, колен, части брюк – с учетом требований к механической защите и переменных термических рисков соответственно.
3. Разработана математическая модель, в том числе ее геометрические и теплофизические компоненты, на основе которой исследованы и описаны процессы переноса металлических капель в системе «частица горячего металла – подводная среда – гидроодежда» и установлены параметры их термического воздействия на поверхность гидроодежды, исходя из которых разработаны термические критерии к материалам спецодежды подводного сварщика (требуемая термическая стойкость необходима в среднем порядка 900°С).
4. Разработана концепция структуры полизональной оболочки термозащитного гидрокостюма для подводной сварки, для которой по результатам проведенных аналитических и экспериментальных исследований установлены

физико-технические характеристики опорных вспененных материалов и разработан новый функциональный материал для барьерной термической защиты гидрокостюма в зонах повышенного риска. Для этого была разработана «бионическая» структура барьерного покрытия, реализованная в цифровой модели (на основе рельефа акульей кожи), на основе которой разработана технология, изготовлены и исследованы образцы нового материала с термозащитной рельефной поверхностью, которые показали достаточную термическую стойкость при эффективной эластичности и прочности (Патент РФ на изобретение RU 2756454 «Термостойкое силиконовое покрытие с поверхностной рельефной структурой»).

5. Разработан алгоритм автоматизированного проектирования термозащитной гидроодежды для подводной сварки, который включает специальный модуль, позволяющий оценить термическую безопасность подводного сварщика в защитной гидроодежде на основе разработанной геометрической модели, интегрированной в среду COMSOL Multiphysics, и результатов описания процессов теплопередачи в многослойной оболочке в системе «водная среда – горячая металлическая капля – многослойная оболочка гидроодежды – тело человека» методами численного моделирования.
6. Полученные результаты моделирования позволили установить зависимости распределения температуры внутри многослойной структуры гидроодежды от условий термического воздействия горячего металла в воде, в результате чего выявлена наиболее эффективная структура материалов оболочки общей толщиной 10,5 мм, которая превосходит по термозащите другие варианты комбинированной структуры до 31%, позволяя поддерживать температуру внутренней поверхности гидроодежды около 30 °С в пределах физиологической нормы, исключив риски прожигания одежды и последующих ожогов человека для наиболее распространенных условий подводной сварки.

7. На основе разработанной концепции многозональной оболочки, новых материалов и алгоритма автоматизированного проектирования термически безопасной гидроодежды разработан специальный термозащитный костюм для подводной сварки (Патент РФ на изобретение RU 2796939 «Защитный термостойкий гидрокостюм мокрого типа для подводной сварки»), в комплект к которому разработан специальный новый вид СИЗ верхних конечностей человека – «Латы-перчатки» (Патент РФ на изобретение RU 2705266 «Латы-перчатки огнестойкие с дополнительной функцией освещения») для повышения уровня индивидуальной защиты человека в экстремальных условиях термических рисков под водой.
8. Для промышленной реализации предложенных решений разработаны схемы технологической сборки мужского термозащитного гидрокостюма для подводной сварки с учетом полизональной оболочки одежды и разработан новый гидроизоляционный соединительный шов, результаты исследования которого показали его повышенную эксплуатационную прочность на 21%, с учетом которого разработаны методы и средства обеспечения технологического процесса производства данной гидроодежды.
9. Учитывая высокую концентрацию инновационных решений и принципиально новый вид созданной спецодежды, разработана концепция, методика, алгоритмы и компьютерная программа ее реализации на основе теории игр для управления постановкой на производство объектов инноваций в швейной промышленности, апробированные для гидроодежды подводных сварщиков (Свидетельство на программу для ЭВМ (РФ) №2019665913 «Программа автоматизированного управления планом производства инновационных швейных изделий»).
10. Выполнена комплексная оценка объектов разработки и анализ промышленной апробации результатов диссертационной работы, которые показали положительные результаты и внедрены на швейных предприятиях ООО

«Фабрика АКВАТИМ» и ИП Ярмыш Н.В. «AQUADISCOVERY» (г.Ростов-на-Дону); на предприятии, выполняющем промышленные водолазные работы с подводной сваркой ООО «ДОНПОДВОДСТРОЙМОНТАЖ» (г.Ростов-на-Дону) и в учебном процессе в ИСОиП (филиале) ДГТУ в г. Шахты Ростовской области.

Анализ полученных результатов внедрения, апробации и оценки свойств и функций новой термозащитной гидроодежды показал, что установленные термические критерии к материалам и оболочке термозащитного гидрокостюма подводного сварщика достигнуты, разрушения структуры поверхности гидрокостюмов после продолжительного применения не наблюдается.

Подтверждено, что разработанные термозащитные детали и изделия специального подводного снаряжения (гидроодежды, СИЗ) представляют собой новую категорию средств индивидуальной защиты от термического воздействия сварочного процесса под водой, что увеличивает срок эксплуатации изделий, их надежность, а также обеспечивает главный результат – защищенность и нормальное функционирование тела специалиста (человека) в условиях подводной сварки.

Полученные результаты позволяют считать достигнутой обозначенную в настоящей работе цель.

Рекомендации, перспективы дальнейшей разработки темы

Выявленная категория спецодежды для подводных сварщиков и установленные требования к ней представляют собой основу для создания и исследования широкого ассортимента СИЗ с полезными свойствами, учитывающими особые сложные условия труда человека под водой. Разработанная научно-обоснованная модель гидрокостюма для подводной сварки открывает перспективу для появления новой ассортиментной группы «спецодежда для подводной сварки» с созданием соответствующих стандартов и нормативных документов использованию, тестированию и производству.

Разработанная математическая модель для установления параметров термического воздействия на гидроодежду человека при подводной сварке может быть использована для широкого ряда новых исследований для многих вариантов, сочетаний, условий различных водоемов и сварочных технологий.

Разработанный алгоритм автоматизированного проектирования термозащитной гидроодежды для подводной сварки с функцией оценки её термической безопасности для человека и описанная программная поддержка его реализации представляют собой важные компоненты для развития функциональных возможностей многих современных САПР одежды.

Разработанная технология автоматизированного управления планом производства инновационных швейных изделий для спецодежды, позволяющая снижать рыночные риски при внедрении принципиально новых технологий и продуктов, представляет собой перспективное направление для дальнейшего развития и апробации в швейном производстве изделий с многочисленными функциями и свойствами.

Результаты работы рекомендуется использовать и развивать в учебных и научно-исследовательских процессах профильных вузов при подготовке специалистов в сфере проектирования и производства изделий легкой промышленности.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

СИЗ	– средства индивидуальной защиты;
БТСМ	– барьерный материал на основе термостойкого силикона;
ST-M	– силиконовый термостойкий материал;
N-M	– материал подложки из вспененного хлоропренового материала типа неопрен;
ST-M-FI-900-2-5	– структурный материал на основе силикона Flexilis G710;
ST-M-AI-900-2-5	– структурный материал на основе силикона Alcorsil;
ТПСМ/Б	– термостойкий поликомпонентный материал на основе силикона с эффектом барьерной защиты;
ИТЛП	– изделия текстильной и легкой промышленности;
НАКС	– Национальное агентство контроля сварки;
МКВД	– Межведомственная комиссия по водолазному делу;
МОТ	– Международная организация труда;
РД	– рабочая документация;
СНиП	– санитарные правила и нормы;
ЧПУ	– числовое программное управление;
N-M	– материал подложки из вспененного хлоропренового материала типа неопрен;
САПР	– система автоматизированного проектирования.

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

Литьевой силикон	– вязкая, полупрозрачная с оттенком жидкость из силикона;
Дуговая сварка	– сварка плавлением, при которой нагрев осуществляется электрической дугой;
Подводная сварка	– сварка под водой;
Уровень термозащиты	– величина, характеризующая защитные свойства одежды от термических факторов;
Термическая стойкость	– сопротивляемость разрушению, происходящему в результате резкой смены температур;
Водонепроницаемость	– свойство материалов выдерживать давление столба жидкости;
Эластичная вспененная резина (пенорезина)	– пенорезина с закрытой ячеистой структурой, полученная из натуральной или синтетической резины или их смеси, свойства которой могут изменяться с помощью органических или неорганических добавок;
Жесткость	– способность тела сопротивляться изменению формы при действии внешней силы;
Разрывная нагрузка	— максимальное усилие, отмеченное в момент разрыва пробы материала;
Остаточное горение	– горение элементарной пробы материала после того, как источник воспламенения удален;

Постоянство термостойких свойств	– сохранность защитных свойств термостойких материалов и изделий из них на протяжении установленного срока эксплуатации;
Капли расплава	– падающие капли горящего или негорящего расплавленного материала;
Температура возгорания	– минимальная температура материала, при которой может быть инициировано устойчивое горение при заданных условиях испытания;
Характер плавления	– явление, сопровождающееся размягчением материала под воздействием тепла (включая усадку, образование капель, горение расплавленного материала и т.д.).
Гидрокостюм	– это изоляционный костюм из облегающего материала, предназначенный для тепла и защиты при выполнении человеком подводных работ;
Теплопередача	– физический процесс передачи тепловой энергии от более горячего тела к менее горячему;
Гидродинамика	– раздел физики сплошных сред и гидроаэродинамики, изучающий движение идеальных и реальных жидкостей и газа, и их силовое взаимодействие с твёрдыми телами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стратегия развития судостроения до 2035 года // morvesti.ru Режим доступа: <http://www.morvesti.ru/news/1679/81242/?ysclid=le4i49mki1633049673> (дата обращения: 14.02.2023).
2. Постановление Правительства РФ от 19 марта 2022 г. № 306 “О внесении изменений в государственную программу Российской Федерации "Развитие судостроения и техники для освоения шельфовых месторождений" // ГАРАНТ Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73698825/?ysclid=le4ki09opd551665709> (дата обращения: 14.02.2023).
3. Единые правила безопасности труда на водолазных работах // files.stroyinf.ru Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294845/4294845226.htm?ysclid=le4kk8x8vz487975172> (дата обращения: 14.02.2023).
4. Коринтели, А.М., Григорьева, Г.Б. Оценка рисков производства одежды специального назначения / А.М. Коринтели, Г.Б. Григорьева // Мир в зеркале языков: Комплексная парадигма. Материалы X Всероссийской научно-практической студенческой конференции. Ин-т сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ДГТУ в г. Шахты. – Шахты: 2019. – С. 43–47.
5. Федеральная служба государственной статистики URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 14.02.2023).
6. Отечественный аппарат и порошковая проволока для механизированной сварки и резки под водой мокрым способом // Подводные технологии Режим доступа: https://untc-svarka.ru/underwater_technologies/?ysclid=le4ko2cqlo293836032 (дата обращения: 14.02.2023).

7. Единая общероссийская справочно-информационная система по охране труда // Минтруд России Режим доступа: <https://eisot.rosmintrud.ru/monitoring-usloviy-i-okhrany-truda> (дата обращения: 14.02.2023).
8. OSHA Technical Manual (OTM) // OSHA URL: <https://www.osha.gov/otm> (дата обращения: 14.02.2023).
9. Принятие международного кодекса по спасательным средствам (кодекс ЛСА)»– Введ. с 01.01.89 по 01.01.13. – Редакция документа с учетом изменений и дополнений подготовлена АО "Кодекс". – 154 с.
10. НД № 2-020101-096 Правила по оборудованию морских судов. Часть I. Положения об освидетельствованиях – введ. 2017 – ФАУ «Российский морской регистр судоходства» 191186, Санкт-Петербург.
11. СНиП 3.07.02-87 Гидротехнические морские и речные транспортные сооружения– введ. 1987-07-01– Госстрой СССР. – М.: ЦИТП, 1988.
12. Kashiwagi, T.; Grulke, E.; Hilding, J.; Harris, R.; Awad, W.; Douglas, J. Thermal degradation and flammability properties of poly(propylene)/carbon nanotube composites // *Macromol. Rapid Commun.* 2002, 23, 761–765 pp.
13. Кононенко, В.Я. Подводная сварка и резка. / В.Я. Кононенко // Киев, 2011. – 264 с.
14. Национальное Агентство Контроля Сварки // НАКС URL: <https://naks.ru/?ysclid=1e4kz7us8i548563432> (дата обращения: 14.02.2023).
15. The top 10 countries you can work as a commercial diver and underwater welder // Line Pulls from CDA URL: <https://www.commercialdivingacademy> (дата обращения: 14.02.2023).
16. American Welding Society // American Welding Society URL: <https://www.aws.org/home> (дата обращения: 14.02.2023).
17. МЧС // Line Pulls from CDA URL: <http://www.mchsmedia.ru/folder/> (дата обращения: 15.03.2022).
18. Коринтели, А.М., Турова, Н.А. Экологическая потребность и экономическая выгода переработки отходов швейного производства / А.М. Коринтели, Н.А. Турова // Современные стратегии и цифровые трансформации устойчивого

- развития общества, образования и науки. сборник материалов IV Международной научно-практической конференции. – Москва: Алф, 2022. – С. 220–223.
19. Grubbs C., Reynolds T. Underwater Welding: Seeking High Quality at Greater Depths // *Welding Journal*, 1998. 7.
 20. Blackledge R. Case Studies: Underwater Welding Projects, 1998
 21. Layus, P. Underwater welding for Arctic offshore structures and shipbuilding // Conference Proceeding of The Annual Conference of Young Scientists and Specialists "New materials and technologies" KMUS-2013 (CRISM "Prometey"). – 2013: С. 11–18.
 22. Zhang, H.T., Dai, X.Y., Feng, J.C. and HU, L.L. Preliminary Investigation on Real Time Induction Heating Assisted Underwater Wet Welding // *WELDING JOURNAL*. – 2015. – №94. – С. 8–15.
 23. Hämäläinen, P., Takala, J., Leena Saarela, K. Global estimates of fatal work-related diseases // *Am J Ind Med*, . 2007 Jan;50(1):28-41. doi: 10.1002/ajim.20411.
 24. Global Workwear Market [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.8d9e652d-63ebda6e-edaddba4-74722d776562/https/www.yahoo.com/entertainment/global-workwear-market-reach-42-162000008.html (дата обращения: 14.02.2023).
 25. Американские аналитики: мировой рынок военных дронов к 2026 году достигнет почти 19 млрд долларов // *topwar* URL: <https://topwar.ru/209589-amerikanskie-analitiki-mirovoj-rynok-voennyh-dronov-k-2026-godu-dostignet-pochti-19-mlrd-dollarov.html?ysclid=le4m2o62mu678297692> (дата обращения: 14.02.2023).
 26. Ахметова , Г.Ж., Бердикулов, М.А., Полежаева, И.С., Агабекова, Г.Н., Есиркепова, А.М. Мировой рынок спецодежды и перспективы его развития в условиях пандемии // *Технология текстильной промышленности*. – 2021. – №3 (393). – с. 30–35.

27. Замкнутое пространство: руководство по производственным работам в закрытых помещениях [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: <https://www.flyability.com/confined-space> (дата обращения: 14.02.2023).
28. Коринтели, А.М., Черунова, И.В., Обоснование конструктивно-технологических параметров конструкции новых моделей защитного гидрокостюма / А.М. Коринтели, И.В. Черунова // Актуальные научные исследования в современном мире Учредители: Общественная организация «Институт социальной трансформации». – Общественная организация «Институт социальной трансформации», 2021. – С. 54–56.
29. Коринтели, А.М., Черунова, И.В. Исследование способов обеспечения вентилируемости костюмов сварщиков /А.М. Коринтели, И.В. Черунова //В сборнике: Научные достижения и открытия современной молодёжи сборник статей победителей международной научно-практической конференции: в 2 частях. 2017. С. 138–140.
30. Черунова, И.В. Проектирование противотепловых костюмов Черунова И.В. монография / И. В. Черунова // М-вообразования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Гос. Образовательное учреждение высш. проф. образования "Южно-Российский гос. ун-т экономики и сервиса" (ГОУ ВПО "ЮРГУЭС"). Шахты, 2007.
31. Коринтели, А.М. Использование теории игр в процессе реализации инновационной деятельности швейной промышленности / А.М. Коринтели // Дневник науки. – 2019. – №12 (36). – С. 16.
32. ГОСТ Р 12.4.233-2012 (ЕН 132:1998) Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Термины, определения и обозначения – введ. 2013-12-01– М.: Стандартиформ, 2019. – 14 с.
33. ГОСТ Р 57400-2017 Клеи и герметики силиконовые. Классификация – введ. 2018-01-01 – М.: Стандартиформ, 2017. – 15 с.

34. Дьяченко, В.А., Смирнов, А.Б. Бионические основы дизайн проектирования. учеб. Пособие / В.А. Дьяченко, А.Б Смирнов // СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. – 195 с.
35. Металлы и сплавы. Справочник / под ред. Ю.П. Солнцева – НПО «Профессионал», НПО «Мир и семья»; Санкт-Петербург, 2003 г. – 1066 с.
36. Исследовательская деятельность: Словарь / под ред. Е.А. Шашенкова – М.: УЦ «Перспектива». 2010. – 88 с.
37. Анализ вредных и опасных факторов при проведении электрогазосварочных работ // Novainfo URL: <https://novainfo.ru/article/5253?> (дата обращения: 14.02.2023).
38. Химические процессы при сварке металлов // stal-kom URL: <https://stal-kom.ru/khimicheskiye-protsessy-pri-svarke-metallov/> (дата обращения: 14.02.2023).
39. Водолазно-медицинские и санитарно-гигиенические характеристики условий труда работников, занятых производством работ под водой // pandia URL: <https://pandia.ru/text/78/107/478-2.php?ysclid=le4msx6z7b823033429> (дата обращения: 14.02.2023).
40. Wang, Y., Tsai, H.L. Effects of surface active elements on weld pool fluid flow and weld penetration in gas metal arc welding / Y. Wang, H.L. Tsai // Metall. Mater. Trans. В Process Metall. Mater. Process. Sci., 32 (2001), pp. 501-515
41. Кононенко, В.Я. Подводная сварка и резка. / В.Я. Кононенко // Киев, 2011.— 264 с.
42. ГОСТ 297-80 Машины контактные. Общие технические условия – введ. 1983-01-01 – М.: Издательство стандартов, 1990. – 34 с.
43. ГОСТ 304-82: Настоящий стандарт распространяется на однопостовые сварочные генераторы для дуговой сварки постоянным током, с падающими внешними характеристиками, общего назначения, изготавливаемые для нужд народного хозяйства и экспорта. – введ. 1997-10-01– М.: ИПК Издательство стандартов, 1997. – 10 с.

44. Карамова, Н.С., Зеленихин, П.В., Киселев, В.Д., Липатникова, А.А., Ильинская, О.Н. Влияние высокого гидростатического давления на жизнеспособность и уровень мутагенеза *Salmonella Typhimurium* // Генетическая токсикология. – 2015. – №4. – С. 99–107.
45. Яхонтов, Б.О. Физиологические факторы, лимитирующие глубину водолазных погружений // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2019. – №7. – С. 23–30.
46. Поддубный, С.К., Елохова, Ю.А. Влияние занятий дайвингом на сердечно-сосудистую систему человека // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – №6. – С. 1–8.
47. Трифонов В.В. Воздействие гидростатического фактора на давление крови в микрососудах пальцев: дис. кандидата биологических наук биол. наук: 14.00.17. – Мсв., 1996
48. Борисюк, В.Ю., Бырдина, М.В, Коринтели, А.М. Разработка модели сухого гидрокостюма с системой обогрева / В.Ю. Борисюк, М.В. Бырдина, А.М. Коринтели // Научная весна-2021. технические науки. Сборник научных трудов: научное издание. Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ДГТУ в г. Шахты. – Шахты: ИСОиП (филиал) ДГТУ в г. Шахты, 2021. – С. 16–20.
49. Коринтели, А.М., Борисюк, В.Ю. Исследование и разработка технологии повышения эксплуатационной надежности подводных специалистов / В.Ю. Борисюк, А.М. Коринтели // Актуальные вопросы и перспективы развития науки, техники и технологии. Материалы II Международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Е.А. Назарова. – Казань: Общество с ограниченной ответственностью Полиграфическая Компания «Астор и Я», Частное учреждение дополнительного профессионального образования «Научно-исследовательский и образовательный центр», 2021. – С. 42–46.
50. Carnevale E.H., Litovitz T.A. Effect of pressure on ultrasonic relaxation in electrolytes // JASA. V. 30. № 7. 1958. P. 610–613.

51. Nuala J. Meyer MD, MS и Michael A. Matthay MD Pulmonary Edema // Murray & Nadel's Textbook of Respiratory Medicine. – 2016. – №133. – С. 1096–1117.
52. Difference Between Hydrostatic and Oncotic Pressure // pediaa URL: <https://pediaa.com/difference-between-hydrostatic-and-oncotic-pressure/> (дата обращения: 14.02.2023).
53. Hemodynamic Disorders, Thromboembolic Disease, and Shock // allrefrs URL: <https://allrefrs.ru/2-15092.html?ysclid=lcndxq1tis676428372> (дата обращения: 14.02.2023).
54. Wang, Y., Tsai, H.L. Effects of surface active elements on weld pool fluid flow and weld penetration in gas metal arc welding / Y. Wang, H.L. Tsai // Metall. Mater. Trans. B Process Metall. Mater. Process. Sci., 32 (2001), pp. 501–515
55. Кононенко, В.Я. Подводная сварка и резка. / В.Я. Кононенко // Киев, 2011. – 264 с.
56. ГОСТ 297-80 Машины контактные. Общие технические условия – введ. 1983-01-01 – М.: Издательство стандартов, 1990. – 34 с.
57. ГОСТ 304-82: Настоящий стандарт распространяется на однопостовые сварочные генераторы для дуговой сварки постоянным током, с падающими внешними характеристиками, общего назначения, изготавливаемые для нужд народного хозяйства и экспорта. – введ. 1997-10-01– М.: ИПК Издательство стандартов, 1997. – 10 с.
58. Температура в океане // Мировой океан URL: http://znaniya-sila.narod.ru/solarsis/zemlya/earth_ocean_10.htm (дата обращения: 14.02.2023).
59. Mistovich, J.J., Karren, K.J., Hafen, B.Q. Prehospital Emergency Care. Prentice Hall; 2009.
60. Paal, P., Gordon, L., Strapazzon, G., et al. Accidental hypothermia-an update : The content of this review is endorsed by the International Commission for Mountain Emergency Medicine (ICAR MEDCOM). Scand J Trauma Resusc Emerg Med. 2016;24(1):111.

61. Underwater Welding & Burning // diversinstitute URL: <https://www.diversinstitute.edu/underwater-welding-6500-f-under-the-sea/> (дата обращения: 14.02.2023).
62. Four Primary Types Of Burns That May Result From Welding // hseblog URL: <https://www.hseblog.com/four-primary-types-of-burns-that-may-result-from-welding/> (дата обращения: 14.02.2023).
63. Welding Burns and Flashes – Tips & Tricks // bakersgas URL: <https://bakersgas.com/pages/welding-burns-and-flashes-tips-tricks> (дата обращения: 14.02.2023).
64. ГОСТ Р 51337 Ожоговый порог, опасность ожога в зависимости от температуры, времени контакта и типа поверхности – металла, керамики, стекла и камня, пластмасс и эластомеров, дерева Введ. 2000-07-01– официальное издание М.: ИПК Издательство стандартов, 2000. – 20 с.
65. Афанасьева, Р.Ф., Кричагин, В.И., Казанцева, Л.Б. О количестве точек для получения средневзвешенных величин теплового потока с поверхности тела человека / Р.Ф. Афанасьева. В.И. Кричагин. Л.З. Казанцева // Гиг. и сан. – 1963. – № 11. – С. 63–66.
66. Cherunova, I. Влияние агрессивных компонентов морской среды на защитные свойства текстильных материалов / I. Cherunova, T. Lesnikova, A. Korinteli // Solid State Phenomena. – Vol. 265. – Pp. 187–191.
67. Dewspore-Bonding// Информационный портал. – URL: <http://www.balrtex.ru/teh/> (дата обращения: 20.03.2022).
68. Scorpena // официальный сайт. – М.: URL: <https://scorpena.ru/> (дата обращения: 20.03.2022).
69. O.M.E.R // официальный сайт. – М.: URL: <https://www.scubamarket.ru/> (дата обращения: 20.03.2022).
70. Beuchat // официальный сайт. – М.: URL: [https:// brands--beuchat/8337074](https://brands--beuchat/8337074) (дата обращения: 20.03.2022).
71. Oceanic // официальный сайт. – М.: URL: <https://www.diskus.ru/brand/oceanic/> (дата обращения: 20.03.2022).

72. Lycra hotskin // официальный сайт. – М.: URL: <https://www.divescuba.ru/> (дата обращения: 21.03.2022).
73. Aqualung // официальный сайт. – М.: URL: <http://www.aqualung.ru/> (дата обращения: 21.03.2022).
74. Marlin // официальный сайт. – М.: URL: [http://www. Marlin.ru/](http://www.Marlin.ru/) (дата обращения: 21.03.2022).
75. Pinnacle // официальный сайт. – М.: URL: [http://www. Pinnacle.ru/](http://www.Pinnacle.ru/) (дата обращения: 21.03.2022).
76. Scorpena // официальный сайт. – М.: URL: <https://scorpena.ru/> (дата обращения: 22.03.2022).
77. Mystic // официальный сайт. – М.: URL: [https:// Mystic.ru/](https://Mystic.ru/) (дата обращения: 22.03.2022).
78. Sporasab // официальный сайт. – М.: URL: <https://hunterlake.ru/sporasab/> (дата обращения: 22.03.2022).
79. Salvimar // официальный сайт. – М.: URL: <https://www.salvimar.com/> (дата обращения: 22.03.2022).
80. Sargan // официальный сайт. – М.: URL: <https://www.diskus.ru/brand/sargan/> (дата обращения: 22.03.2022).
81. Salvimar // официальный сайт. – М.: URL: <https://www.salvimar.com/> (дата обращения: 22.03.2022).
82. AquaDiscovery // официальный сайт. – М.: URL: <http://aquadiscovery.ru/> (дата обращения: 22.03.2022).
83. Waterproof // официальный сайт. – М.: URL: <https://www.open-dive.ru/catalog/gidrokozystymy=waterproof> (дата обращения: 22.03.2022).
84. Коринтели, А.М., Черунова, И.В. Оценка свойств воздухообмена в материалах для термостойкой одежды / А.М. Коринтели, И.В. Черунова // Научная весна – 2018: Технические науки. сборник научных трудов. – Шахты: Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) Донского государственного технического университета, 2018. – С. 196–204.

85. Katrangun// Информационный портал. – URL: <https://katrangun.com> (дата обращения: 23.03.2022).
86. Robinsonrubber Информационный портал. – URL: <https://www.robinsonrubber.com/> (дата обращения: 23.03.2022).
87. Neoprene Информационный портал. – URL: <https://www.britannica.com/science/neoprene> (дата обращения: 24.03.2022).
88. Международная организация труда Расследование несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний. – Международного бюро труда защищены авторским правом, предусмотренным во Втором протоколе к Всемирной конвенции об авторском праве изд. – Китай: 2015. – 59 с.
89. Shawn, C. Development of a Human and Organizational Factors (HOF) Annex for underwater welding. – Monterey, California. Naval Postgraduate School, 1997. – 295 с.
90. Савостицкий, Н.А., Амирова, Э.К. Материаловедение швейного производства / Н.А. Савостицкий, Э.К. Амирова // – М.: Академия, 2012. – 272 с.
91. Коринтели А.М. Методология определения функционального соответствия САД-систем для проектирования спецодежды / А.М. Коринтели, И.В. Черунова // Дизайн. Материалы. Технология. – 2021. – № 4 (64). – С. 75–79.
92. Коринтели А.М. Совершенствование спецодежды сварщика на основе конструкции с повышенным воздухообменом / А.М. Коринтели // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Посвящена 165-летию В.Г. Шухова. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2018. – С. 2959–2965.
93. Коринтели, А.М. Систематизация конструктивных способов повышения воздухообмена в спецодежде сварщика / А.М. Коринтели // Российские регионы как центры развития в современном социокультурном пространстве. сборник научных статей материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2018. – С. 80–84.

94. Мурыгин, В.Е., Мурашова, Н.В., Прошутинская, З.В., Рослик, Н.С., Чаленко, Е.А. Моделирование и оптимизация технологических процессов / В.Е. Мурыгин, Н.В. Мурашова, З.В. Прошутинская, Н.С. Рослик, Е.А. Чаленко // Учебник. – М.: Компания Спутник, 2003. – 227 с
95. Старковой, Г.П. Методологические основы проектирования спортивной одежды из высокоэластичных материалов: дис. д-р. техн. наук: 05.19.04. – Владивосток, 2004. – 363 с.
96. Болдовкина, О. С. Проектирование трикотажных изделий с учетом растяжимости и формовочных свойств полотна : монография / О.С. Болдовкина // Владивостокский гос. ун-т экономики и сервиса. – Владивосток : Изд-во ВГУЭС, 2004. – 185 с. – 185 р.
97. Troynikov, O., Wardiningsih, W. Moisture management properties of wool/polyester and wool/bamboo knitted fabrics for the sportswear base layer // Environmental Science. – 2011. – №26.
98. Тисленко И.В. Разработка метода проектирования компрессионной трикотажной одежды: дис. канд. техн. наук: 05.19.04. – Иван., 2018. – 204 с.
99. Доронина Н.В. Разработка метода проектирования брюк на фигуры с разной мышечной массой: дис. канд. техн. наук: 05.19.04. – Иван., 2005. – 341 с.
100. Prof. Dr. Jürgen Held Ergonomie // Schwäbisch Gmünd Fachgebiet Arbeitsmedizin, BG ETEM. – С. 64.
101. Коринтели А.М. Влияние морской среды на свойства текстильных материалов для одежды / И.В. Черунова, А.М. Коринтели, М.П. Стенькина М.П., Т.Ю. Лесникова Т.Ю. // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2018. – №80. № 3 (77). – С. 312–316.
102. Nome Articoli Medicina e tecnica Postura e subacquea Postura e subacquea // scubaportal URL: <https://www.scubaportal.it/postura-subacquea/> (дата обращения: 14.02.2023).
103. Техника безопасности и охрана труда при выполнении сварочных работ // studbooks URL:

- https://studbooks.net/1434776/bzhd/tehnika_bezopasnosti_ohrana_truda_vypolnenii_svarochnyh_rabot (дата обращения: 14.02.2023).
104. Донподводстроймонтаж, ООО Информационный портал URL: <https://sbis.ru/contragents/6162029773/616201001> (дата обращения: 15.04.2022).
105. Коринтели А.М., Лесникова Т.Ю., Сирота, Е.Н. Физико-технические характеристики материалов для защитной одежды от водной среды / А.М. Коринтели, Т.Ю. Лесникова, Е.Н. Сирота // Национальная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная весна-2019: Технические науки». Шахты, 2019. С. 78–82.
106. Сирота Е.Н., Черунова И.В., Стенькина, М.П. Исследование свойств деформационных материалов для гидрокостюмов / Е.Н. Сирота, И.В. Черунова, М.П. Стенькина // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 52. С. 26–28.
107. Коринтели, А.М., Мендюкова, А.С Анализ материалов для спецодежды, защищающей от высоких температур / А.М. Коринтели, А.С. Мендюкова // Научная весна-2021. технические науки. Сборник научных трудов: научное издание. Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ДГТУ в г. Шахты. – Шахты: ИСОиП (филиал) ДГТУ в г. Шахты, 2021. – С. 122–129.
108. Korinteli A. Effect of aggressive components of the marine environment the protective properties of the textile materials / I. Cherunova, T. Lesnikova, A. Korinteli // Solid State Phenomena. – 2017. – №265. – С. 187–191.
109. Коринтели, А.М., Атаева, Г.И. Экологичные материалы будущего / А.М. Коринтели, Г.И. Атаева // Образование в России и актуальные вопросы современной науки. Сборник статей V Всероссийской научно-практической конференции. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет , 2022. – С. 35–38.
110. Yamamoto Информационный портал. URL: http://www.yamamoto-bio.com/yamamoto_e/1 (дата обращения: 25.03.2020).

111. National Информационный портал. URL: <https://www.eliossub.com/en/our-wetsuits/> (дата обращения: 25.03.2020).
112. Heiwa Информационный портал. URL: <https://www.eliossub.com/> (дата обращения: 25.03.2020).
113. Neoprene Информационный портал. URL: <https://ko.lehighvalleylittleones.com/> (дата обращения: 25.03.2020).
114. Sheico Информационный портал. URL: <http://apox.ru/entry/> (дата обращения: 25.03.2020).
115. Бруновб О.Г. Модель переноса капли в сварочную ванну // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2005. – С. 155–158.
116. Wu, Y., Kovacevic, R. Mechanically assisted droplet transfer process in gas metal arc welding / Y Wu, R Kovacevic// Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B Journal of Engineering Manufacture P. 555–556
117. Коринтели, А.М., Черунова, И.В., Меркулова, Ю.А. Исследование термических воздействий процесса подводной сварки на защитную гидроодежду / А.М. Коринтели, И.В. Черунова, А.В. Меркулова, Ю.А. // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 4: Промышленные технологии. 2023. № 1. С. 109–115.
118. Коринтели, А.М., Черунова, И.В. Экспериментальное обоснование барьерных материалов для термической защиты спецодежды / А.М. Коринтели, И.В. Черунова // Инновационное развитие техники и технологий в промышленности. Сборник материалов Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина, 2021. – С. 55–60.
119. .Yangyang Zhao, Hyun Chung Numerical simulation of droplet transfer behavior in variable polarity gas metal arc welding International/ Yangyang Zhao, Hyun

- Chung// Journal of Heat and Mass Transfer. 2017, P.1129–1141
DOI:10.1016/j.ijheatmasstransfer.2017.04.090
120. Komen, H. Shigeta, M. Tanaka M Numerical simulation of molten metal droplet behavior in gas metal arc welding by three-dimensional incompressible smoothed particle hydrodynamics method /H. Komen, M. Shigeta, M. Tanaka// Journal of Flow Control, Measurement & Visualization 16p/
 121. Golubina, A., Bulychev, V. Experiment-calculated estimation of the stability of arc welding technologies to be developed /A Golubina, V V Bulychev //2020 IOP Conf. Ser.: Mater.
 122. Jones, L.A., Eagar, T.W. Investigations of Drop Detachment Control in Gas Metal Arc Welding /L.A. Jones, T.W. Eagar, and J.H. Lang/ Massachusetts Institute of Technology Cambridge, MA/
 123. Mughal, M. P., Fawad , H., Mufti R.Parametric thermal analysis of a single molten metal droplet as appliedto layered manufacturing / Mughal, M. P., Fawad , H., Mufti R.//5 October 2004
 124. Peter, R. Sahm, Preben, N. Modeling of Casting, Welding and Advanced Solidification Processes Hansen and James G. ConleyThe Application of Three Dimensional FiniteVolume Methods to the Modelling of WeldingPhenomena
 125. Taylor, G. A., Hughes, M. and Pericleous, K. Centre for Numerical Modelling and Process Analysis,University of Greenwich, London, UK
 126. Boselli;M; Emanuele, V., Gherardi, M. Sanibondi, P. Two-dimensional time-dependent modelling of fume formation in a pulsed gas metal arc welding process May 2013Journal of Physics D Applied Physics Boselli University of Bologna Vittorio Colombo Emanuele Ghedini. 2013
 127. Hu, J., Tsai, H.L. Heat and mass transfer in gas metal arc welding. Part I: Department of Mechanical and Aerospace Engineering, University of Missouri-Rolla, 1870 Miner Circle, Rolla, MO 65409, United States Received 18 January 2006; received in revised form 22 August 2006 Available online 24 October 2006
 128. Wu, C.S.Fluid Flow and Heat Transfer in GMA Weld Pools March 1988Welding Journal 67(3):70s-75s Project: High efficient arc welding processes and technologies

129. Коринтели, А.М., Черунова, И.В. Исследование влияния морской соли на свойства материалов для нефтезащитной одежды / А.М. Коринтели, И.В. Черунова, Т.Ю. Лесникова // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2016). сборник материалов международной научно-технической конференции. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет дизайна и технологии», 2016. – С. 46–48.
130. Коринтели, А.М., Черунова, И.В. Исследование эргономических параметров для проектирования одежды сварщиков / А.М. Коринтели, И.В. Черунова // Научная весна-2017. Сборник научных трудов по итогам II Всероссийской (с участием граждан иностранных государств) научной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. Ответственный редактор: Страданченко С.Г. – Шахты: Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) Донского государственного технического университета в г. Шахты, 2017. – С. 13–19.
131. ГОСТ 4.44-89 Система показателей качества продукции. Оборудование сварочное механическое. Номенклатура показателей. – введ. 1990-01-01– М.: ИПК Издательство стандартов, 1996. – 8 с.
132. ГОСТ 2.312-72. Единая система конструкторской документации. Условные изображения и обозначения швов сварных соединений. – введ. 1973-01-01– М.: Стандартинформ, 2010 – 12 с.
133. Коринтели, А.М., Черунова, И.В. Исследование влияния морской соли на эксплуатационные свойства материалов для одежды / А.М. Коринтели, И.В. Черунова // Научная весна – 2016. Материалы: Научное электронное издание. – Шахты: Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) Донского государственного технического университета в г. Шахты, 2016. – С. 261–264.

134. Rybinski, P.; Janowska, G. Flammability and other properties of elastomeric materials and nanomaterials. Part 1. Nanocomposites of elastomers with montmorillonite or halloysite. *Polimery* 2013, 5, 327–334.
135. Kashiwagi, T.; Du, F.; Winey, K.I.; Groth, K.M.; Shields, J.R.; Bellayera, S.P.; Kim, H.; Douglas, J.F. Flammability properties of polymer nanocomposites with single-walled carbon nanotubes: Effects of nanotube dispersion and concentration. *Polymer* 2005, 46, 471–481.
136. Gilman, J.W. Flammability and thermal stability studies of polymer layered-silicate (clay) nanocomposites. *Appl. Clay. Sci.* 1999, 15, 31–49.
137. Shabnam, S., Morshed, A., Geoffrey, B., Naser, J. Droplet Generation in Steelmaking // Conference: Scanmet IV 4th International Conference At: Lulea. – Sweden: 2012. – С. 1–11.
138. Hao Chen, Ning Guo, Yongpeng Du, Xianghua Shi Effect of water flow on the arc stability and metal transfer in underwater flux-cored wet welding // *Journal of Manufacturing Processes* 31. 103–115 pp.
139. Коринтели А.М., Черунова И.В. Модельное обоснование применения барьерных материалов в спецодежде подводных сварщиков / А.М. Коринтели, И.В. Черунова // Сборник материалов XI Международной научно-практической конференции. Москва, 2022 Издательство: Общество с ограниченной ответственностью "ИРОК". – Москва: Типография Алеф, 2021. – С. 129–134.
140. Кошкин Н.И., Ширкевич М.Г. Справочник по элементарной физике М.: Изд-во "Наука", 1972. 256 с.
141. ГОСТ 17521-72 Типовые фигуры мужчин. Размерные признаки для проектирования одежды. М.: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», Москва, 2005, 27 с.
142. Bastian, R. Microfluidics: Modeling, mechanics and mathematics // *Modeling, Mechanics and Mathematics*. – 2016. – С. 243–263.

143. Roy, U. Advances in heat intensification techniques in shell and tube heat exchanger // Advanced Analytic and Control Techniques for Thermal Systems with Heat Exchangers. – 2020. – С. 197–207.
144. Bastiaan, J. An experimental study of forced convective heat transfer from smooth, solid spheres // International Journal of Heat and Mass Transfer . – 2017. – С. 1097–1067.
145. Кошкин Н.И., Ширкевич М.Г. Справочник по элементарной физике. – 1972. – 256 с.
146. Roy, A.K. Factors affecting comfort: human physiology and the role of clothing. – Improving Comfort in Clothing изд. – 2011. – 449 с.
147. Yun Su A model of heat transfer in firefighting protective clothing during compression after radiant heat exposure. – 2016. – 25 с.
148. Коринтели А.М., Условия и требования к специальной защитной одежде подводных сварщиков / И.В. Черунова, А.М. Коринтели, // Глава в монографии «Актуальные вопросы современной науки и образования» / Под общей ред. Гуляева Г.Ю. – Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.). – 2023. – С 194–205.
149. Жовнер, В.В., Журавлева, Н.В. Теплоизоляционные материалы, характеристики, свойства, преимущества и недостатки / В.В. Жовнер, Н.В. Журавлева // Вестник магистратуры. – 2020. – №2-3. – С. 17–19.
150. ГОСТ EN 343-2021 : дата введения 2022-10-01. – Москва : Изд-во стандартов, 2022. – 18 с.
151. ГОСТ 3811-72 Материалы текстильные. Ткани, нетканые полотна и штучные изделия. Методы определения линейных размеров, линейной и поверхностной плотностей. – введ. 1973-01-01 – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 14 с.
152. ГОСТ 29104.2-91 Ткани технические. Метод определения толщины – введ. 1993-01-01 – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 4 с.
153. ГОСТ 269-66 Общие требования к проведению физико-механических испытаний– введ. 1966-07-01 – ИПК Издательство стандартов – 11 с.

154. ГОСТ 3816-81 (ИСО 811-81) Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств (с Изменениями N 1-4) – введ. 1982-07-01 – М.: ИПК Издательство стандартов, 1998. – 13 с.
155. ГОСТ 9.030-74 Единая система защиты от коррозии и старения – введ. 1975-07-01 – М.: ИПК Издательство стандартов, 2008. – 12 с.
156. ГОСТ 10201-75 Каучуки и резиновые смеси метод определения жесткости и эластического восстановления по дефо – введ. 1976-07-01– М.: ИПК Издательство стандартов, 1976. – 6 с.
157. ГОСТ 16218.9-89 Изделия текстильно-галантерейные. Методы испытаний при растяжении – введ. 1991-30-06 – М.: ИПК Издательство стандартов, 1991. – 11 с.
158. ГОСТ Р 54553-2019 Определение упругопрочностных свойств при растяжении – введ. 2020-01-01 – М: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2019. – 30 с.
159. ГОСТ ISO 37-2020 Межгосударственный стандарт. Резина и термоэластопласты. Определение упругопрочностных свойств при растяжении. – введ. 2022-01-01 – М.: ИПК Издательство стандартов, 1991. – 29 с.
160. Неопрен CR/SBR Информационный портал– URL: <http://foamrubber.ru/> (дата обращения: 25.03.2020).
161. ГОСТ Р 12.4.297-2013 Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от повышенных температур теплового излучения, конвективной теплоты, выплесков расплавленного металла, контакта с нагретыми поверхностями, кратковременного воздействия пламени. Технические требования и методы испытаний– введ. 1993-01-01– М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 12 с.
162. Кабанов, В.А. Энциклопедия полимеров / В.А. Кабанов (глав. ред.) и др. // Т .3. П-Я. М., Советская энциклопедия, 1977. 1152 стр.
163. Коринтели, А.М., Черунова, И.В. Разработка модели поликомпонентного термостойкого материала со специальной поверхностной структурой с использованием трехмерного моделирования / А.М. Коринтели, И.В.

- Черунова // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности. сборник научных статей X международной научной конференции. – Казань: ООО «Конверт», 2021. – С. 55–56.
164. Коринтели, А.М., Черунова, И.В. Разработка элементов технологии создания бионической структуры материала защитной одежды от термических воздействий подводной сварки / А.М. Коринтели, И.В. Черунова // Технологии и качество. – 2020. – №3 (49). – С. 6–11. https://spmi.ru/sites/default/files/imci_images/sciens/dissovet/reczurn/VAK/2020/perechen-vak-24.03.2020.pdf.
165. Плакоидная чешуя Информационный портал. [Электронный ресурс] официальный сайт. – М.: – Режим доступа: <https://laguna-akul.ru/> (дата обращения: 26.04.2022).
166. Веретельников, Д.В., Клейменкин, Д.В., Коринтели, А.М. Бионика и цифровизация в швейной промышленности / А.С. Веретельников, Д.В. Клейменкин, А.М. Коринтели // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2021. – №10-10 (78) . – С. 50-53. Autodesk [Электронный ресурс] официальный сайт. – М.: – Режим доступа: <https://www.autodesk.com/products/fusion-360/overview> (дата обращения: 26.04.2020).
167. Mach3 [Электронный ресурс] официальный сайт. – М.: – Режим доступа: <https://ntma.com.ua/ru/mach3.html/> (дата обращения: 26.04.2022).
168. Flexilis G710 [Электронный ресурс] официальный сайт. – М.: – Режим доступа: <http://alcorplast/> (дата обращения: 26.04.2022).
169. Alcorplast [Электронный ресурс] официальный сайт. – М.: – Режим доступа: <https://www.composit-stroy.ru/catalog/silicone/2920/> (дата обращения: 26.04.2022).
170. ГОСТ 50810-95 Пожарная безопасность текстильных материалов. Ткани декоративные. Метод испытания на воспламеняемость и классификация – введ. 2014-12-01 – М.: ИПК Издательство стандартов, 1995 . – 9 с.

171. Тепловизор (инфракрасная камера) FLIR i3 [Электронный ресурс] официальный сайт. – М.: – Режим доступа: Компактный тепловизор бюджетного класса FLIR i3 (astena.ru)/
172. Патент № А41D13/002 Professional, industrial or sporting protective garments, e.g. surgeons' gowns or garments protecting against blows or punches with controlled internal environment. Термостойкое силиконовое покрытие с поверхностной рельефной структурой : № RU2020133224А : заявл. 08.10.2020 : опубл. 30.09.2021 / Черунова И.В., Коринтели А.М. – 6 с.
173. Черунова, И.В., Стефанова, Е.Б., Выпрягаева, Я.О., Коринтели. А.М. Исследование текстильных материалов для защитных швейных изделий / И.В. Черунова, Е.Б. Стефанова, Я.О. Выпрягаева, А.М. Коринтели // Техническое регулирование: базовая основа качества материалов, товаров и услуг. – Шахты: Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ДГТУ, 2018. – С. 250–254.
174. Cuttinglinedesigns [Электронный ресурс] официальный сайт. – М.: «Cuttinglinedesigns», 2018. – Режим доступа: <https://www.cuttinglinedesigns.com/default.asp> (дата обращения: 15.02.2023).
175. Novocut [Электронный ресурс] официальный сайт. – М.: «Novocut», 2018. – Режим доступа: <http://www.novocut.de/> (дата обращения: 15.02.2023).
176. Коринтели, А.М., Черунова, И.В. Исследование воздухообменных свойств в системе материалов для одежды сварщиков / А.М. Коринтели, И.В. Черунова // Техническое регулирование: базовая основа качества материалов, товаров и услуг. Сборник научных трудов. Редколлегия: В.Т. Прохоров [и др.]. – Новочеркасск: ООО "Лик", 2019. – С. 63–66.
177. Коринтели, А.М., Черунова, И.В. Оценка влияния вентиляционной конструкции термостойкого костюма на физиологические параметры человека / А.М. Коринтели, И.В. Черунова // Дневник науки. – 2019. – №4 (28). – С. 1–19.
178. Korinteli A.M. Improvement of airexchange in workwear for welders / A.M. Korinteli, J.B. Grigoryeva // Мир в зеркале языков: комплексная парадигма.

- материалы. – Шахты: Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) Донского государственного технического университета, 2018. – С. 122–125.
179. ЛЕКО [Электронный ресурс] официальный сайт. – М.: «Lekala», 2018. – Режим доступа: <http://www.lekala.info/leko/> (дата обращения: 15.02.2023)..
180. Assol [Электронный ресурс] официальный сайт. – М.: «Assol», 2018. – Режим доступа: <http://assol.org/> (дата обращения: 15.02.2023)..
181. Staprim [Электронный ресурс] официальный сайт. – М.: «Staprim», 2018. – Режим доступа: <http://www.staprim.com/> [Электронный
182. Eleandr САРР [Электронный ресурс]– Режим доступа: https://abc.vvsu.ru/books/komp_tehnolog/page0004.asp (дата обращения: 15.02.2023).
183. Julivi [Электронный ресурс] официальный сайт. – М.: «Julivi», 2018. – Режим доступа: <http://julivi.com/ru/prices301.html> (дата обращения: 15.02.2023).
184. Grazia [Электронный ресурс] официальный сайт. – М.: «Saprgrazia», 2018. – Режим доступа: <http://www.saprgrazia.com/> (дата обращения: 15.02.2023).
185. Investronica [Электронный ресурс] официальный сайт. – М.: «Investronica», 2018. Режим доступа: <http://investronica.com/> (дата обращения: 15.02.2023).
186. Padsystem [Электронный ресурс] официальный сайт. – М.: «Padsystem», 2018. Режим доступа: <http://www.padsystem.com/en> (дата обращения: 15.02.2023).
187. Lookstailorx [Электронный ресурс] официальный сайт. – М.: «Lookstailorx», 2018. Режим доступа: <http://dressingsim-lookstailor-x.software.informer.com/> (дата обращения: 15.02.2023).
188. Бырдина, М.В., Коринтели, А.М. Визуализация пространственной формы одежды с помощью компьютерных технологий / М.В. Бырдина, А.М. Коринтели // сборник научных статей материалы 5-й Всероссийской научно-практической конференции. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2019. – С. 76–78.
189. Черунова, И.В., Коринтели, А.М. Исследование жесткости материалов для проектирования одежды с учетом способов влагозащиты и технологий

- формообразования / И.В. Черунова, А.М. Коринтели, С.А. Колесник // Научно-методический журнал «Концепт». – 2016. – №Т15. – С. 2426–2430.
190. Коринтели, А.М., Клейменкин, Д.В. Автоматическая сегментация в области изделий швейной промышленности на базе свёрточной нейронной сети / Д.В. Клейменкин, А.М. Коринтели // Современные тенденции развития науки и мирового сообщества в эпоху цифровизации. Сборник материалов II Международной научно-практической конференции. – Махачкала: Общество с ограниченной ответственностью «Институт развития образования и консалтинга», 2021. – С. 71–77.
191. Имитационное моделирование и компьютерное моделирование. Основные особенности имитационных моделей. [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/10101973/page:2/> (дата обращения: 15.02.2023).
192. Моделирование на основе дифференциальных уравнений [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: https://inep.sfedu.ru/wp-content/uploads/2015/12/24/lecture_5-7.pdf (дата обращения: 15.02.2023).
193. Основы численного моделирования магистральных трубопроводов [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: <http://xn--90acg2babefdpm.xn--p1ai/static/books/2015/12/16/osnovyi-chislennogo-modelirovaniya-magistralnyih-truboprovodov.pdf?ysclid=le4u9v4nzn194896735> (дата обращения: 15.02.2023).
194. Моделирование методом конечных элементов [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: <https://infopedia.su/8x9b16.html?ysclid=le4ube5fdb730901768> (дата обращения: 15.02.2023).
195. Advanced Simulation Library [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: <https://asl.org.il/> (дата обращения: 15.02.2023).
196. Algodoo [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: <http://www.algodoo.com/> (дата обращения: 15.02.2023).
197. ASCEND [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: <https://www.ascendgame.com/> (дата обращения: 15.02.2023).

198. CP2K [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: <https://www.cp2k.org/> (дата обращения: 15.02.2023).
199. Cantera [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: <https://cantera.org/> (дата обращения: 15.02.2023).
200. DWSIM [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: <https://dwsim.org/> (дата обращения: 15.02.2023).
201. Elmer FEM [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: <http://www.elmerfem.org/blog/> (дата обращения: 15.02.2023).
202. FlightGear [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: <https://www.flightgear.org/> (дата обращения: 15.02.2023).
203. FreeFem ++/ [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: <https://freefem.org/> (дата обращения: 15.02.2023).
204. FreeMat [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: <https://freemat.sourceforge.net/> (дата обращения: 15.02.2023).
205. GNU Octave [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: <https://octave.org/> (дата обращения: 15.02.2023).
206. JModelica [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: <https://jmodelica.org/> (дата обращения: 15.02.2023).
207. OpenFOAM [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: <https://www.openfoam.com/> (дата обращения: 15.02.2023).
208. OpenModelica [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: <https://openmodelica.org/> (дата обращения: 15.02.2023).
209. OpenSim [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: <https://simtk.org/projects/opensim/> (дата обращения: 15.02.2023).
210. Project Chrono [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: <https://projectchrono.org/> (дата обращения: 15.02.2023).
211. Scilab [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: <https://www.scilab.org/> (дата обращения: 15.02.2023).

212. Simulation Open Framework [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/Simulation_Open_Framework_Architecture (дата обращения: 15.02.2023)
213. AGX Multiphysics [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: <https://www.algoryx.se/> (дата обращения: 15.02.2023).
214. Adina [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: <https://adina.com/index.shtml> (дата обращения: 15.02.2023).
215. AnyLogic [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: https://1solution.ru/services/imitatsionnoe-modelirovanie/?utm_source=yandex_direct&utm_medium=cpc&utm_campaign=imitatsionnoe-modelirovanie&utm_content=ch_yandex_direct|cid_80640001|gid_5077748901|ad_13076857784|ph_42120430157|crt_0|pst_premium|ps_1|srct_search|src_none|devt_desktop|ret_42120430157|geo_11053|cf_0|int_|tgt_42120430157|add_no|mrlid_5402|dop_&utm_term=AnyLogic&_openstat=ZGlyZWN0LnJhbW11bQ&yclid=816919186823970815 (дата обращения: 15.02.2023).
216. Automation Studio [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: about:blank (дата обращения: 15.02.2023).
217. CircuitLogix [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: <https://www.circuitlogix.com/> (дата обращения: 15.02.2023).
218. Dymola [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: <https://www.claytex.com/products/dymola/> (дата обращения: 15.02.2023).
219. COMSOL Multiphysics [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: <https://www.comsol.ru/?ysclid=le4uxpk0d7465865510> (дата обращения: 15.02.2023).
220. Ecolego [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: <https://www.ecolego.se/> (дата обращения: 15.02.2023).
221. EcosimPro [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: <https://www.ecosimpro.com/> (дата обращения: 15.02.2023).

222. Enterprise Dynamics [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: <about:blank> (дата обращения: 15.02.2023).
223. FlexSim [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: <https://www.flexsim.com/> (дата обращения: 15.02.2023).
224. GoldSim [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: <https://www.goldsim.com/> (дата обращения: 15.02.2023).
225. HyperWorks [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: <https://hyperworks.compmechlab.ru/> (дата обращения: 15.02.2023).
226. ISAAC Dynamics [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: https://alphapedia.ru/w/Isaac_dynamics (дата обращения: 15.02.2023).
227. Lanner Group Ltd Lanner [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: <https://www.lanner.com/> (дата обращения: 15.02.2023).
228. MapleSim [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: <about:blank> (дата обращения: 15.02.2023).
229. MATLAB [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: <https://www.mathworks.com/products/matlab.html> (дата обращения: 15.02.2023).
230. NEi Nastran [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: <https://nenastran.ru/> (дата обращения: 15.02.2023).
231. Simul8 [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: <https://www.simul8.com/> (дата обращения: 15.02.2023).
232. TRNSYS [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: <https://trnsys.com/> (дата обращения: 15.02.2023).
233. Wolfram System Modeler [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: <https://www.wolfram.com/system-modeler/> (дата обращения: 15.02.2023).
234. VSim [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: <https://txcorp.com/vsim/> (дата обращения: 15.02.2023).
235. Уравнения движения реальной жидкости [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: <https://www.muctr.ru/upload/iblock/42e/Lektsiya2.pdf?ysclid=le0aky09te797170329> (дата обращения: 15.02.2023).

236. Патент № МПК В63С 11/02(2006.01) В63С 11/04(2006.01) А41D 13/012(2006.01). Двухслойный гидрокостюм : № 2423284 : заявл. 2007.02.12 : опубл. 2011.07.10 / Мйерскоугх Р. К. – 13 с.
237. Патент № JP10156575A. Гидрокостюм : № JP № Н11-310193 : заявл. 1998-04-28 : опубл. 1999-11-09 / Osamu Konaka – 7 с.
238. Патент № МПК В63С 11/04 (2006.01) А41D 13/02 (2006.01) А44В 19/32 (2006.01). Подводный сухой гидрокостюм : № 2011133081/11 : заявл. 2010-11-29 : опубл. 2014-02-20 / Саотоме Кацухико – 23 с.
239. Патент № МПК В63С 9/087 (2006.01) В63С 9/105 (2006.01). Плавательный спасательный гидрокостюм : № RU137541U1 : заявл. 2014-02-20 : опубл. 2014-02-20 / Андрей Ю.Я. – 2 с.
240. Патент № А41D13/012. Гидрокостюм : № US6715149B2 : заявл. 2001-12-21 : опубл. 2004-04-06 / Myerscough R. K. – 12 с.
241. Патент № В63С11/04. Гидрокостюм : № JP2000510413А : заявл. 1998-04-09 : опубл. 2001-03-26.
242. Патент № У 472862, кл. В 63 С 9/08, 1972. (54)(57). Гидрокостюм : № RU № 917449, : заявл. SU 917 449 А1 : опубл. 1991-01-30 / Татт1980-03-13и Я.Я. Татти Э.Я. – 4 с.
243. Патент № МПК В63С 9/087(2006.01). Гидрокостюм сухого типа : № RU 179727 U1 : заявл. 2017.05.23 : опубл. 2018.05.23 / Чакрян Г.С. – 5 с.
244. Патент № В63С9/1055. Плавательный гидрокостюм с элементами спасения : № EP1961654A1 : заявл. 2011-10-26 : опубл. 2011-10-26 / Lahyani I. – 19 с.
245. Патент № А41D13/0125. Двухслойный гидрокостюм : № RU2423284С2 : заявл. 2011-07-10 : опубл. 2011-07-10 / Мйерскоугх Р.К. – 13 с.
246. Патент № МПК В63С 9/00 (2006.01) В63С 11/02 (2006.01) А41D 13/02 (2006.01). Защитный термостойкий гидрокостюм мокрого типа для подводной сварки : № RU2796930С1 : заявл. 2023-05-29 : опубл. 2023-05-29 / Коринтели А.М, Черунова И.В. – 10 с.

247. Патент № RU 2 705 266 С1 Латы-перчатки огнестойкие с дополнительной функцией освещения: заявл. 19.04.2019 : опубл. 06.11.2019 / Черунова И.В., Коринтели А.М. – 6 с.
248. Сирота, Е.Н., Коринтели, А.М., Черунова, И.В. Способы сборки многозональной поверхности гидрокостюма / Е.Н. Сирота, А.М. Коринтели, И.В. Черунова // Научная весна – 2020. Технические науки. Сборник научных трудов: научное издание. Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) Донского государственного технического университета в г. Шахты. – Шахты: Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) Донского государственного технического университета в г. Шахты, 2020. – С. 240–246.
249. Коринтели, А.М., Мендюкова, А.С. Средства малой механизации для промышленных швейных машин / А.М. Коринтели, А.С. Мендюкова // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности. сборник научных статей X международной научной конференции. – Казань: ООО «Конверт», 2021. – С. 161–164.
250. Ташпулатов, С.Ш., Ботирова, Р.Х., Стефанова, Е.Б., Коринтели, А.М. Совершенствование классификации факторов, влияющих на прочность ниточных соединений / С.Ш. Ташпулатов, Р.Х. Ботирова, Е.Б. Стефанова, А.М. Коринтели // Научная весна – 2019 : Технические науки [Электронный ресурс] : сб. науч. тр. : науч. электрон. изд. / редкол. : С.Г. Страданченко [и др.] г. Шахты, 2019.
251. Машина строчки "зиг-заг" с шагающей лапкой для тяжелых материалов H-305 TONY [Электронный ресурс] [сайт]. – Режим доступа: <https://knitism.ru/catalog/h-305-tony/?ysclid=le4w5e593m367094458> (дата обращения: 14.02.2023).
252. Двухигольная четырехниточная плоскошовная машина PW-23013MD-P / [Электронный ресурс] // : [сайт]. – URL: https://unis-don.ru/catalog/2413-dvukhigolnye-mashiny/?utm_source=YD&utm_medium=cpc&utm_term=prom&utm_campaign

- =PromRO&_openstat=ZGlyZWN0LnlhbmRleC5ydTszMzY0NzA4Mjs1NTAzMzEzMDQ5O3lhbmRleC5ydTpwcmVtaXVt&yclid=5773764011326701567 (дата обращения: 14.02.2023).
253. Одноигольный трехниточный оверлок с верхним продвижением SHF-7004-A43-M14 / [Электронный ресурс] // : [сайт]. – URL: <https://mintex.ru/ru/katalog-/oborudovanie/po-izdelijam/vodolaznye-kostjumu?ysclid=le4w9o9rla887950215> (дата обращения: 14.02.2023).
Одноигольный трехниточный оверлок с верхним продвижением SHF-7004-A43-M14 / [Электронный ресурс] // : [сайт]. – URL: <https://mintex.ru/ru/katalog-/oborudovanie/po-izdelijam/vodolaznye-kostjumu?ysclid=le4w9o9rla887950215> (дата обращения: 14.02.2023).
254. Универсальная подшивочная машина однониточного цепного стежка с коротким рукавом MAIER 221 / [Электронный ресурс] // : [сайт]. – URL: https://unis-don.ru/catalog/2416-podshivochnye-mashini/?utm_source=YD&utm_medium=cpc&utm_term=prom&utm_campaign=PromRO&_openstat=ZGlyZWN0LnlhbmRleC5ydTszMzY0NzA4Mjs1NTAzMzEzMDUyO3lhbmRleC5ydTpwcmVtaXVt&yclid=9737164566665887743 (дата обращения: 14.02.2023).
255. H-1412-LPS Подшивочная машина с ленточным транспортером / [Электронный ресурс] // : [сайт]. – URL: https://aspromservis.ru/catalog/konveyernye-sistemy/lentochnyy-konveyer/?utm_source=yandex&utm_medium=cpc&utm_campaign=64537400&utm_content=11976863344&utm_term=%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82%D0%B5%D1%80&_openstat=ZGlyZWN0LnlhbmRleC5ydTs2NDUzNzQwMDsxMTk3Njg2MzM0NDt5YW5kZXgucnU6cHJlbW11bQ&yclid=428822166217424895 (дата обращения: 14.02.2023).
256. Универсальная подшивочная машина однониточного цепного стежка с коротким рукавом MAIER 221 / [Электронный ресурс] // : [сайт]. – URL:

- https://unis-don.ru/catalog/2416-podshivochnye-mashini/?utm_source=YD&utm_medium=cpc&utm_term=prom&utm_campaign=PromRO&_openstat=ZGlyZWN0LnIhbmRleC5ydTszMzY0NzA4Mjs1NTAzMzEzMDUyO3IhbmRleC5ydTpwcmVtaXVt&yclid=9737164566665887743 (дата обращения: 14.02.2023).
257. Патент SU №531902, МПК D05B 1/26 / Устройство швейной машины для изготовления герметичных швов на изделии // В. И. Сахарова, Б.И. Хохлов, Ю.А. Мазов, А.Д. Кашкин, заявитель и патентообладатель Устройство швейной машины– №2028641 заявл. 31.05.1974 : опубл. 15.10.1976 – 3 с.
258. Патент US № 7005021 / Безниточный клеевой способ формирования шва заявитель и патентообладатель // Пол Фредерик Крамер, Маунтин Хардвайт Инк – № 20050230026A1 заявл. 21.05.2004 : опубл. 28.02.2006 – 10 с.
259. Патент № DE 3209054, МПК D05 B 1/26, D05 B 17/00 / Способ получения водонепроницаемых ниточных соединений // Hinterseer Heinz; Kiefel Hochfrequenz Paul; заявл. 12.03.82; опубл. 29.09.1983.
260. Патент № RU 2211264C1 / Способ получения водонепроницаемых ниточных соединений // Е.П. Покровска, Е.П. Покровская, О.В. Метелёва, В.В. Веселов, Л.И. Бондаренко заявитель и патентообладатель Ивановская государственная текстильная академия – № 2002120676/12А, заявл. 29.07.2002 : опубл. 27.03.2007 – 8 с.
261. Патент № RU 2560057C2 / Способ получения герметичных швов швейных изделий // Е.В. Кумпан, С. Н. Степин, Э. А. Хамматова, Е. И. Мекешкина-Абдуллина, заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Казанский национальный исследовательский технологический университет" (ФГБОУ ВПО "КНИТУ") (RU) – № 2013141269/12 заявл. 10.09.2013; опубл. 20.03.2015 – 6 с.
262. Патент № SU1757595A1 / Способ соединения полотен // Е. Б. Красносельская, Г. Н. Тюлякова, заявитель и патентообладатель Институт биофизики – № 904776782А заявл. 02.01.1990: опубл. 30.08.1992 – 3 с.

263. Патент № RU 2791020C1 / Способ герметичного соединения деталей из монокомпонентных материалов с поликомпонентным покрытием // А.М. Коринтели, И.В. Черунова, С.Ш. Ташпулатов. – заявл. 18.03.2022: опубл. 01.03.2023 – 7 с.
264. Коринтели, А.М. Исследование и разработка способов повышения гидроизоляции в гидрокостюмах мокрого типа / А.М. Коринтели, А.С. Мендюкова // Российские регионы как центры развития в современном социокультурном пространстве. сборник научных статей : материалы 6-й Всероссийской научно-практической конференции. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2020. – С. 62–67.
265. Бырдина, М.В., Бекмурзиев, Л.А., Коринтели, А.М. Выбор направлений нитей основы и утка для текстильных изделий конического типа / М.В. Бырдина, Л.А. Бекмурзаев, А.М. Коринтели // Научная весна-2019: Технические науки. – Шахты: Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) Донского государственного технического университета в г. Шахты, 2019. – С. 29–36.
266. Цветкова, С.Н. Предпринимательская деятельность в сфере услуг: учеб. пособие. – Шахты: Издательство ЮРГУЭС, 2002. – 313.
267. Трофимова, Л.А., Трофимов, В.В. Управленческие решения (методы принятия и реализации) : учебное пособие Л.А. Трофимова, В.В. Трофимов. – СПб. : Изд-во СПбГУЭФ, 2011. – 190 с.. 2011.
268. Резюме Глобальный инновационный индекс – 2022 / [Электронный ресурс] // : [сайт]. – URL: <https://globalstocks.ru/wp-content/uploads/2022/10/wipo-pub-2000-2022-exec-ru-global-innovation-index-2022-15th-edition.pdf?ysclid=le4xalpvc9293757907> (дата обращения: 15.02.2023).
269. Найбауэр Херберт. Инновационная деятельность на малых и средних предприятиях. [Электронный ресурс] URL: <http://www.ptpu.ru> (дата обращения: 21.04.2020).
270. Гончаренко, Л.П. Инновационная политика / Л.П. Гончаренко // Учебник. М.: КНОРУС, 2009.-356 с.

271. Бартюк, О.В. Сущность инновационного потенциала как основы инновационного экономического роста / О.В. Бартюк // Евразийский Союз Ученых. 2014. № 6. Часть 1. С. 23-25
272. Васильева, З.А., Лихачёва, Т.П. Инновационные факторы экономического роста территорий / З.А. Васильева, Т.П. Лихачёва // монография. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. 108 с.
273. Черунова И.В. Опыт управления инновациями для новых конструкторско-технологических разработок в промышленности Черунова И.В., Чуян А.И., Стефанова Е.Б., Стенькина М.П., Сирота Е.Н., Давыдова Ю.А., Лесникова Т.Ю., Ковалева А.А., Коринтели А.М., Черунов П.В. Коллективная монография / Донской государственный технический университет; Под общей редакцией И.В. Черуновой. Новочеркасск, 2019.
274. Новиков, А.А. Ресурсы и факторы инновационного развития Российской экономики / А.А. Новиков // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» 2012. № 4. Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/132evn412.pdf>.
275. Швандара, В.А., Горфинкеля, В.Я. Инновационный менеджмент: Учебник Под ред. проф. В.А. Швандара, проф. В.Я. Горфинкеля. – М.: Вузовский учебник, 2004.-382с.
276. Иванов, И.Н. Производственный менеджмент. Теория и практика : учебник для бакалавров / И. Н. Иванов, А. М. Беляев [и др.] ; под ред. И. Н. Иванова. – М. : Издательство Юрайт, 2014. —с. 90.
277. Казанцев, А.К., Серова, Л.С. Основы производственного менеджмента / А.К. Казанцев, Л.С. Серова // Учебное пособие. – М.: ИНФРА-М, 2002. – 348 с.
278. Коринтели, А.М., Паскарелов, С.И. Внедрение бережливого производства на швейном предприятии / С.И. Паскарелов, А.М. Коринтели // Развитие науки и практики в глобально меняющемся мире в условиях рисков. сборник материалов XIV Международной научно-практической конференции. – Москва: Алеф, 2022. – С. 393–398.
279. Коринтели, А.М., Турова Н.А. Правоохранительная деятельность по обеспечению экологической безопасности в нефтегазовой промышленности /

- А.М. Коринтели, Н.А. Турова // Теоретические и прикладные вопросы комплексной безопасности. Материалы IV Международной научно-практической конференции. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования «Институт развития дополнительного профессионального образования», 2021. – С. 162–164
280. Черунова, И.В. Решение исследовательских задач как фактор интенсификации экономического развития южного региона Меркулова А.В., Черунова И.В., Бадмаев Ч.М., Слободчикова И.В., Любимова А.С. Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6-S. С. 59-60.
281. Метод Монте-Карло [Электронный ресурс] официальный сайт. Режим доступа:<http://sewiki.ru> (дата обращения: 23.04.2020).
282. Волков. А. Инвестиционные проекты: от моделирования до реализации / А. Волков // Вершина, 2006 г. – 42 с.
283. Мулен, Э. Теория игр с примерами из математической экономики / Э. Мулен // – М.: Мир, 1985.-200 с.
284. Парфенов, Г.Н. Принципы теории игр / Г.Н. Парфенон // Учеб. пособие. СПб.: СПбГУЭФ, 2001.-91 с.
285. Печерский, С.Л., Беляева, А.А. Теория игр для экономистов / С.Л. Печерский, А.А. Беляева // Вводный курс: Учебное пособие. СПб.: Издат-во Европ. ун-та в СПб, 2001. – 344 с
286. Использование теории игр в практике управления [Электронный ресурс] официальный сайт. Режим доступа: https://www.cfin.ru/management/game_theory.shtml (дата обращения: 21.04.2020).
287. Инновационной политики Российской Федерации на 1998 – 2000 годы". – введ 24 июля 1998 г. Председатель Правительства Российской Федерации.
288. Цветкова, С.Н. Предпринимательская деятельность в сфере услуг: учеб. пособие. – Шахты: Издательство ЮРГУЭС, 2002. – 313.

289. Полтерович, В. М. Проблема формирования национальной инновационной системы / В. М. Полтерович // Экономика и математические методы (ЭММ). – 2009. – Т. 45. – № 2. – С. 3–18.
290. Волков, А. Инвестиционные проекты: от моделирования до реализации / А. Волков // Вершина, 2006 г. – 42 с.
291. Грачева, М.В. Управление рисками в инновационной деятельности / М.В. Грачева // Учеб. пособие. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2010. – 351 с.
292. Туккель, И.Л. Методы и инструменты управления инновационным развитием промышленных предприятий / И. Л. Туккель, С.А. Голубев, А.В. Сурина, Н.А. Цветкова // – СПб.: БХВ-Петербург. – 2013. – 208 с.
293. Финансовые коэффициенты [Электронный ресурс] официальный сайт. Режим доступа: <https://1fin.ru/?id=311> (дата обращения: 22.04.2020).
294. Мулен, Э. Теория игр с примерами из математической экономики / Э. Мулен // – М.: Мир, 1985.-200 с.
295. Парфенов, Г.Н. Принципы теории игр / Г.Н. Парфенон // Учеб. пособие. СПб.: СПбГУЭФ, 2001.-91 с.
296. Петросян, Л.А., Зенкевич, Н.А., Семина Е.А. Теория игр / Л.А. Петросян, Н.А. Зенкевич, Е.А. Семина // Учеб. пособие. М.: Высш. шк., Книжный дом «Университет», 1998. – 304 с.
297. Дубина, И.Н. Основы теории экономических игр: учеб. пособие / И.Н. Дубина. – М.: КноРус, 2010. – С. 10.
298. Решение задач военных конфликтов с использованием дифференциальных игр [Электронный ресурс] официальный сайт. Режим доступа: <http://www.rae.ru/zk/arj/2007/12/> (дата обращения: 23.04.2020).
299. Использование теории игр в практике управления [Электронный ресурс] официальный сайт. Режим доступа: <https://www.cfin.ru> (дата обращения: 21.04.2020).
300. Веретельников, А.С., Клейменкин, Д.В., Коринтели, А.М. Автоматизация и внедрение корпоративной информационной системы в область швейной промышленности / А.С. Веретельников, Д.В. Клейменкин, А.М. Коринтели //

- Инновационные технологии управления. Сборник статей по материалам VIII Всероссийской научно-практической конференции. – Нижний Новгород: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина», 2021. – С. 84–87.
301. Пономарева, Г. Т., Тимохин, Д. В., Литвиненко, И. Л., Чердакова, А. В., Никаноров А. П. Управление организацией: проблемы и решения / Г.Т. Пономарева, Д.В. Тимохин, И.Л. Литвиненко, А.В. Чердакова, А.П. Никаноров под ред. // Синельниковой Е. А. – М.: МГГЭУ, 2016.
302. Инновационной политики Российской Федерации на 1998 – 2000 годы". – введ 24 июля 1998 г. Председатель Правительства Российской Федерации.
303. 46. Постановление Правительства РФ от 24 июля 1998 г. N 832 "О Концепции ". – введ 24 июля 1998 г. N 832 . Председатель Правительства Российской Федерации.
304. Программа антикризисных мер Правительства Российской Федерации на 2009 год" (утв. Правительством РФ). – введ 19 июня 2009 г.
305. Задачи математического программирования: классификация моделей и методов Информационный портал. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://lms2.sseu.ru/> (дата обращения: 25.04.2020).
306. Коринтели, А.М. Технологии онлайн-образования в контексте защиты интеллектуальных прав / И.В Черунова, А.М. Коринтели, П.В. Черунов // Электронное обучение в непрерывном образовании 2019. VI Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти Александра Николаевича Афанасьева. Сборник научных трудов. – Ульяновск: Ульяновский государственный технический университет, 2019. – С. 150–154. Виды и типы инноваций Информационный портал. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://logistics.ru/> (дата обращения: 21.04.2020)
307. Алейникова, А.М., Коринтели, А.М. Применение теории игр для повышения эффективности экономической деятельности швейного предприятия / О.А. Алейникова, А.М. Коринтели // Научная весна – 2016. Материалы: Научное

- электронное издание. – Шахты: Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) Донского государственного технического университета в г. Шахты, 2016. – С. 67–72.
308. Коринтели, А.М. Использование теории игр в процессе реализации инновационной деятельности швейной промышленности / А.М. Коринтели // Дневник науки. – 2019. – №12 (36). – С. 16. .
309. Коринтели, А.М., Черунова, И.В. Специализированная программа для автоматизации образовательного процесса в текстильном материаловедении / А.М. Коринтели, И.В. Черунова // Образование. Наука. Карьера. Сборник научных статей Международной научно-методической конференции. В 2-х томах. Ответственный редактор А.А. Горохов. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2018. – С. 65–69.
310. Коринтели, А.М. Оценка рисков производства инновационной конструкции спецодежды / А.М. Коринтели // Прогрессивные технологии и процессы. Сборник научных статей 5-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Ответственный редактор А.А. Горохов. – Курск: Закрытое акционерное общество «Университетская книга», 2018. – С. 147–151.
311. Коринтели, А.М., Черунова, И.В. Разработка и исследование вентилируемой термостойкой одежды / А.М. Коринтели, И.В. Черунова // Костюмология. – 2020. – №Т. 5. № 1. – С. 12.
312. Коринтели, А.М., Черунова, И.В. Анализ технологий повышения качества защитной одежды сварщиков / А.М. Коринтели, И.В. Черунова // Современный стиль управления. сборник научных статей. Ответственный редактор Е. А. Ильина. – Чебоксары: Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева, 2016. – С. 598–602.
313. Типы производства Информационный портал. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.grandars.ru> (дата обращения: 26.04.2020).

314. Виды и типы производства и их технико-экономическая, характеристика. Типы и особенности организации производства – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://k-oo.top/> (дата обращения: 26.04.2020).
315. Производственный календарь на 2020 год // СПС КонсультантПлюс.
316. Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 16.12.2019) // СПС КонсультантПлюс.
317. Расчет экономического эффекта от внедрения системы автоматизации Информационный портал. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://antegra.ru/> (дата обращения: 23.04.2020).
318. Ожидаемый экономический эффект Информационный портал. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://studfile.net/> (дата обращения: 21.04.2020).
319. Сколько стоят услуги программистов Информационный портал. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.kadrof.ru/> (дата обращения: 21.04.2020).
320. Тарифная ставка Информационный портал. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://clubtk.ru/> (дата обращения: 28.04.2020).
321. Измestьева, А.Я., Юдина, Л.П., Седельникова, Е.А. Технологические расчеты основных цехов швейных фабрик / А. Я. Измestьева, Л. П. Юдина, Е. А. Седельникова // М. : Легкая индустрия, 1978.
322. Свидетельство № 2019665913 Российская Федерация / Коринтели А.М., Черунова И.В. И. ; заявитель. федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет» патентообладатель Воронеж. науч.-исслед. ин-т связи. – N 2019664917 ; заявл. 21.11.19 ; опубл. 03.12.19.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

Химические компоненты подводного сварочного процесса

и их влияние на человека

Таблица А.1 – Химические компоненты подводного сварочного процесса и их влияние на человека

Тип дыма	Источник	Характер влияния на здоровье человека
1	2	3
Алюминий	Алюминиевый компонент некоторых сплавов, например, инконелей, меди, цинка, стали, магния, латуни и присадочных материалов.	Респираторный раздражитель.
Бериллий	Затвердевающий агент содержится в меди, магнии, алюминиевых сплавах и электрических контактах.	«Лихорадка металлического дыма». Канцероген. Другие хронические эффекты включают повреждение дыхательных путей.
Оксиды кадмия	Нержавеющая сталь, содержащая кадмий или покрытые материалы, цинковый сплав.	Раздражение дыхательной системы, боль и сухость в горле, боль в груди и затруднение дыхания. Хронические эффекты включают повреждение почек и эмфизему. Подозрение на канцероген.
Хром	Большинство нержавеющей и высоколегированных материалов, сварочных стержней. Также используется в качестве гальванического материала. Превращается в шестивалентный хром во время сварки.	Повышенный риск развития рака легких. У некоторых людей может развиваться раздражение кожи. Некоторые формы являются канцерогенами (шестивалентный хром).
Медь	Сплавы, такие как Монель, латунь, бронза. Также некоторые сварочные стержни.	Острые эффекты включают раздражение глаз, носа и горла, тошноту и «лихорадку металлического дыма».
Фториды	Обычное электродное покрытие и флюсовый материал как для низко-, так и для высоколегированных сталей.	Острым эффектом является раздражение глаз, носа и горла. Длительное воздействие может привести к проблемам с костями и суставами. Хронические эффекты также включают избыток жидкости в легких.
Оксиды железа	Основной загрязнитель во всех процессах сварки железа или стали.	Сидероз – доброкачественная форма заболевания легких, вызванная частицами, откладывающимися в легких. Острые симптомы включают раздражение носа и легких. Имеет тенденцию проявляться, когда экспозиция прекращается.

Продолжение таблицы А.1

1	2	3
Свинец	Припой, латунные и бронзовые сплавы, грунтовка/покрытие на сталях.	Хронические последствия для нервной системы, почек, пищеварительной системы и умственных способностей. Может вызвать отравление свинцом.
Марганец	Большинство сварочных процессов, особенно высокопрочных сталей.	«Лихорадка металлического дыма». Хронические эффекты могут включать проблемы с центральной нервной системой.
Молибден	Стальные сплавы, железо, нержавеющая сталь, никелевые сплавы.	Острыми эффектами являются раздражение глаз, носа и горла, а также одышка.
Никель	Нержавеющая сталь, Inconel, Monel, Hastelloy и другие высоколегированные материалы, сварочные стержни и сталь с покрытием.	Острым эффектом является раздражение глаз, носа и горла. Повышенный риск развития рака был отмечен в профессиях, отличных от сварки. Также связан с дерматитом и проблемами легких.
Ванадий	Некоторые сплавы стали, железо, нержавеющая сталь, никелевые сплавы.	Острым эффектом является раздражение глаз, кожи и дыхательных путей. Хронические эффекты включают бронхит, ретинит, жидкость в легких и пневмонию.
Цинк	Оцинкованный и окрашенный металл.	Лихорадка металлического дыма.
Угарный газ	Образуется в дуге.	Легко всасывается в кровоток, вызывая головные боли, головокружение или мышечную слабость. Высокие концентрации могут привести к потере сознания и смерти.
Фторид водорода	Разложение стержневых покрытий.	Раздражает глаза и дыхательные пути. Передержка может привести к повреждению легких, почек, костей и печени. Хроническое воздействие может привести к хроническому раздражению носа, горла и бронхов.
Оксиды азота	Образуется в дуге.	Раздражение глаз, носа и горла в низких концентрациях. Аномальная жидкость в легких и другие серьезные эффекты при более высоких концентрациях. Хронические эффекты включают проблемы с легкими, такие как эмфизема.
Дефицит кислорода	Сварка в замкнутых пространствах и вытеснение воздуха защитным газом.	Головокружение, спутанность сознания, рвота и смерть.

Продолжение таблицы А.1

1	2	3
Озон	Образуется в сварочной дуге, особенно во время плазменно-дуговых, МИГ и ТИГ процессов.	Острые эффекты включают жидкость в легких и кровоизлияние. Очень низкие концентрации (например, одна часть на миллион) вызывают головные боли и сухость глаз. Хронические эффекты включают значительные и
Альдегиды (такие как формальдегид)	Покрытие металла связующими и пигментами. Обезжиривающие растворители	Раздражитель для глаз и дыхательных путей.
Диизоцианаты	Металл с полиуретановой краской.	Раздражение глаз, носа и горла. Высокая вероятность сенсibilизации, вызывающей астматические или другие аллергические симптомы, даже при очень низком воздействии.
Фосген	Металл с остаточными обезжиривающими растворителями. (Фосген образуется в результате реакции растворителя и сварочного излучения.)	Сильный раздражитель для глаз, носа и дыхательной системы. Симптомы могут быть отложены.
Фосфин	Металл, покрытый ингибиторами ржавчины. (Фосфин образуется в результате реакции ингибитора ржавчины со сварочным излучением.)	Раздражитель для глаз и дыхательной системы, может повредить почки и другие органы.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

Методика и обработка априорного ранжирования факторов системы «человек – сварочный процесс – подводная среда»АНКЕТА ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ

Уважаемый эксперт!

Данная анкета разработана для использования в исследовательской работе, посвященной разработке защитного костюма для подводных сварщиков.

Для проектирования одежды важно установить приоритетные факторы, определяющие целевой комплексный показатель анализа: «эффективность «работы» защитной гидроодежды сварщика для стабильности его самочувствия, безопасности, работоспособности». С этой целью на основе литературного анализа и практического опыта специалистов сварочного производства составлена номенклатура факторов системы «человек – сварочный процесс – подводная среда», влияющих на человека в условиях производственных процессов подводной сварки.

Заполняя анкету, Вам необходимо определить место факторов в ранжированном ряду из следующего перечня:

X1 – непривычные (неестественные) условия обитания;

X2 – термические риски ожогов (воздействие горячих капель расплавленного металла);

X3 – риски дезориентации в водном пространстве;

X4 – гидростатическое давление;

X5 – ограничение для движений человека «на локальном месте»;

X6 – термические риски переохлаждения;

X7 – высокая теплоемкость и теплопроводность водной среды, приводящая к ускоренному отведению биологического тепла;

X8 – гипогравитация в водной среде;

X9 – риски взаимодействия с опасными морскими животными;

X10 – риск воздействия вредных аэрозолей, газов и других химических продуктов технологии сварки;

X11 – ограничение пространства перемещений;

X12 – риски неисправности специального снаряжения системы обеспечения дыхания и безопасной компрессии.

Фактору, которому выделяется ведущая роль, отводится первое место, остальные факторы располагаются в порядке убывания степени их влияния на выбранный параметр. Результаты оценки факторов от группы экспертов представлены в таблице Б.1.

Таблица Б.1 – Образец систематизации результатов экспертной оценки

Шифр экспертов	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												

Определение суммы рангов по каждому эксперту по формуле

$$\sum_{i=1}^n R_{ij} = 0,5n(n+1), i=1 \dots m \quad (\text{Б.1})$$

Определение суммы рангов по каждому свойству по формуле

$$S_i = \sum_{j=1}^m R_{ji}, \quad j=1 \dots n \quad (\text{Б.2})$$

Определение коэффициентов значимости по формуле

$$\gamma_i = \frac{mn - S_i}{0,5mn(n-1)} \quad (\text{Б.3})$$

Из всех «n» показателей выделили наиболее значимые, для которых выполнили неравенство $\gamma_i \geq \frac{1}{n}$.

Для каждого из значимых свойств определили относительный коэффициент значимости по формуле

$$\gamma_{i_0} = \frac{mn - S_{ik}}{m n n_0 - \sum_{k=1}^{n_0} R}, \quad (k=1,2,\dots,p) \quad (\text{Б.4})$$

где n_0 – число оставленных наиболее значимых свойств;

S_{ik} – сумма рангов для каждого оставленного свойства.

Определение коэффициента согласия (конкордации), характеризующего согласованность мнений экспертов по формуле:

$$W = \frac{\sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2}{\frac{1}{12} m^2 (n^3 - n) - m \sum T_j}, \quad (\text{Б.5})$$

где \bar{S} – средняя сумма рангов для всех показателей.

$$\bar{S} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i = 0,5m(n+1), \quad (\text{Б.6})$$

где T_j – значения, определяемые при наличии одинаковых оценок показателей отдельными экспертами, значение $T_j=0$.

Определение критерия хи-квадрат по формуле

$$\text{Хи-квадрат} = Wm(n-1) \quad (\text{Б.7})$$

Найденное значение сопоставляют с табличным хи-квадрат при степени свободы $S = n-1$.

В том случае, если найденное значение критерия хи-квадрат больше табличного, имеется существенная (значимая) согласованность ранговых оценок экспертов.

Установили сумму рангов по каждому эксперту по формуле (Б.1):

$$\sum_{i=1}^n R_{ij} = 0,5 * 12 * (12 + 1) = 78.$$

Установили сумму рангов по каждому свойству по формуле (Б.2):

$S_1=11$; $S_2=21$; $S_3=35$; $S_4=26$; $S_5=34$; $S_6=48$; $S_7=67$; $S_8=70$; $S_9=83$; $S_{10}=69$;
 $S_{14}=85$; $S_{12}=75$.

По формуле (Б.3) определяем коэффициент значимость отдельных свойств γ_i .

$$y_1 = \frac{8 * 12 - 11}{0,5 * 8 * 12 * (12 - 1)} = 0,16;$$

$$y_2 = \frac{8 * 12 - 21}{0,5 * 8 * 12 * (12 - 1)} = 0,14;$$

$$y_3 = \frac{8 * 12 - 48}{0,5 * 8 * 12 * (12 - 1)} = 0,09;$$

$$y_4 = \frac{8 * 12 - 26}{0,5 * 8 * 12 * (12 - 1)} = 0,13;$$

$$y_5 = \frac{8 * 12 - 63}{0,5 * 8 * 12 * (12 - 1)} = 0,06;$$

$$y_6 = \frac{8 * 12 - 35}{0,5 * 8 * 12 * (12 - 1)} = 0,12;$$

$$y_7 = \frac{8 * 12 - 34}{0,5 * 8 * 12 * (12 - 1)} = 0,12;$$

$$y_8 = \frac{8 * 12 - 70}{0,5 * 8 * 12 * (12 - 1)} = 0,05;$$

$$y_9 = \frac{8 * 12 - 83}{0,5 * 8 * 12 * (12 - 1)} = 0,02;$$

$$y_{10} = \frac{8 * 12 - 69}{0,5 * 8 * 12 * (12 - 1)} = 0,05;$$

$$y_{11} = \frac{8 * 12 - 85}{0,5 * 8 * 12 * (12 - 1)} = 0,02;$$

$$y_{12} = \frac{8 * 12 - 75}{0,5 * 8 * 12 * (12 - 1)} = 0,04.$$

Из всех свойств выделяем наиболее значимые, т.е. у которых коэффициент значимости больше или равен $1/n$. В таблице Б.2 наиболее значимые факторы подчеркнуты (X1, X2, X4, X6, X7).

Определили для них относительные коэффициенты значимости γ_{i_0}

$$y_1 = \frac{8 * 12 - 11}{8 * 12 * 5 - 127} = 0,24;$$

$$y_2 = \frac{8 * 12 - 21}{8 * 12 * 5 - 127} = 0,21;$$

$$y_3 = \frac{8 * 12 - 35}{8 * 12 * 5 - 127} = 0,17;$$

$$y_6 = \frac{8 * 12 - 26}{8 * 12 * 5 - 127} = 0,20;$$

$$y_7 = \frac{8 * 12 - 34}{8 * 12 * 5 - 127} = 0,18.$$

Определили среднюю сумму рангов для всех показателей по формуле (Б.6):

$$\bar{S} = 0,5 \cdot 8 \cdot (12 + 1) = 52,$$

Определили коэффициент конкордации (согласия) по формуле (Б.5):

$$W = \frac{7250}{\frac{1}{12} 8^2 (12^3 - 12) - 0} = 0,79$$

Коэффициент конкордации W принимает значения от 0 до 1,0. Степень согласованности мнений экспертов напрямую влияет на точность результатов проводимой экспертизы. Чем ближе окажется значение W к единице, тем с большей уверенностью можно говорить о согласованности мнений экспертов: При W от 0,7 до 1,0 имеет место высокая согласованность мнений экспертов, при нахождении величины коэффициента в диапазоне от 0,3 до 0,7 – удовлетворительная и при $W < 0,5$ – низкая. Полученные результаты свидетельствуют о высокой степени согласованности экспертов.

Проверку гипотезы о согласованности мнений специалистов осуществляют с помощью критерия хи-квадрат

$$\text{хи - квадрат} = 0,79 \cdot 8(12 - 1) = 69,5$$

По таблице Б.3 была установлена степень соответствия хи-квадрат табличному значению. Определили степень свободы $S=n-1=11$.

Таблица Б.2 - Результаты ранговой оценки значимости факторов среды для человека в процессе подводной сварки

Шифр эксперт ОВ	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	T _j
1	1	2	6	5	10	12	3	9	8	4	11	7	0
2	1	3	6	2	7	4	5	9	12	11	8	10	0
3	1	3	6	4	7	2	5	9	8	12	11	10	0
4	1	2	6	4	7	5	3	9	11	8	12	7	0
5	1	3	6	2	7	4	5	9	8	12	11	10	0
6	4	3	6	2	7	1	5	9	12	8	11	10	0
7	1	2	6	5	9	4	3	8	12	7	10	11	0
8	1	3	6	2	9	4	5	8	12	7	11	10	0
Sj	11	21	48	26	63	35	34	70	83	69	85	75	0
γ_i	<u>0,16</u>	<u>0,14</u>	0,0 9	<u>0,13</u>	0,06	<u>0,12</u>	<u>0,12</u>	0,05	0,02	0,05	0,02	0,04	-
γ_{i0}	0,24	0,21	-	0,20	-	0,17	0,18	-	-	-	-	-	-
Si- \bar{S}	-41	-31	-4	-26	11	-17	-18	18	31	17	33	23	-
(Si- \bar{S}) ²	1681	961	16	676	121	289	324	324	961	289	1089	529	-

Таблица Б.3 – Табличное значение хи-квадрат

Вероятность	Число степенной свободы							
	4	5	6	7	8	9	10	11
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,01	13,9	15,1	16,8	18,5	20,1	21,7	23,2	24,7
0,05	9,5	11,1	12,6	14,1	15,1	16,9	18,3	19,7

Табличные значения хи-квадрат критерия :

– при вероятности 0,01 – Хи-квадрат = 24,7;

– при вероятности 0,05 – Хи-квадрат = 19,7.

В рассматриваемом случае найденный показатель больше указанных значений критерия, следовательно, у экспертов высокая степень согласия в том, что выбранными наиболее значимыми факторами среды являются:

X1 – непривычные (неестественные) условия обитания;

X2 – термические риски ожогов (воздействие горячих капель расплавленного металла);

X4 – гидростатическое давление;

X6 – термические риски переохлаждения;

X7 – высокая теплоемкость и теплопроводность водной среды.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(справочное)

Характеристики термических воздействий на человека**при подводной сварке**

Таблица В.1 – Средние параметры температуры воды на разной глубине водоемов с разной соленостью

Глубина, м	Температура, оС		Соленность воды, о/оо	Гидростатическое давление, Па
	Лето	Зима		
10	26	13	35	100 000
20	25	12	35	200 000
30	23	11	35	300 000
40	20	10	35	400 000
50	18	9	35	500 000
60	16	8	35	600 000
70	14	7	35	700 000
80	12	6	34	800 000
90	11	5	34	900 000
100	10	4	34	10 00 000

Таблица В.2 – Ожоговые пороги человека в зависимости от температуры контактного термического воздействия


Температура °С	Ожог I степени	Ожог II степени	Ожог III степени
37	безопасная температура		
45	1 час	2 часа	3 часа
47	35 мин	20 мин	45 мин
48	10 мин	15 мин	20 мин
49	1–2 мин	8 мин	10 мин
51	1 мин	2 мин	4.2 мин
55	5 секунд	17 секунд	30 секунд
60	2 секунды	3 секунд	5 секунд
68	мгновенно	1 секунда	

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(обязательное)

Характеристики современных гидрокостюмов «мокрого» типа

Таблица Г.1 – Характеристики современных гидрокостюмов «мокрого» типа [66–87]

№п/п	Бренд /страна производитель	Внешний вид модели	Наименование костюма	Конструктивные особенности
1	2	3	4	5
1	Scorpена/Россия		Scorpена RedLine – 7 мм	Костюм, состоящий из куртки+полукомбинезона, из неопрена с двусторонним нейлоновым покрытием. Куртка с втачным капюшоном, перед и спинка куртки с отрезными боковыми частями, цельновыкроенными по боковым срезам, нижний срез спинки с хлястиком через пах с застежкой на две кнопки спереди. Рукава куртки покроя реглан. Отрезные нижние части рукавов в области локтя и брюк в области колен изготавливается из материала, устойчивого к механическим воздействия Supratex. По лицевому вырезу капюшона, низу рукавов и брюк притачные обтюраторы (из неопрена Glideskin).

Продолжение таблицы Г.1

1	2	3	4	5
2.	О.М. Е.Р./И талия		Holo Stone 7 мм	<p>Костюм, состоящий из куртки+полукомбинезона, из неопрена. Куртка с втачным капюшоном. Перед и спинка куртки с отрезными боковыми частями, цельновыкроенными по боковым срезам. Нижний срез спинки с хлястиком через пах с застежкой на две кнопки спереди. Рукава куртки втачные. По лицевому вырезу капюшона, низу рукавов и брюк притачные обтюраторы (из неопрена Smooth Skin'a).</p>
3.	Beuch at/Фра нция		Rocksea 7 мм	<p>Костюм, состоящий из куртки+полукомбинезона, из неопрена Elaskin x 8.2. Перед цельновыкроенный. На спинке куртке предусмотрено членение фигурной формы. Нижний срез спинки с хлястиком через пах с застежкой на две кнопки спереди. Рукава куртки покроя реглан. Отрезные нижние части рукавов в области локтя изготавливается из материала, устойчивого к механическим воздействиям.</p>
4.	Ocean ic/СШ А		Comforts kin 0.5мм	<p>Комбинезон из лайкры, отрезной по линии талии. На передне центральной застежка-молния от линии горловины до линии талии. Рукав покроя реглан. Воротник стойка. По низу брюк предусмотрена петля под ступню.</p>

Продолжение таблицы Г.1

1	2	3	4	5
5.	Lycra hotskin/ США		Henderso n	<p>Комбинезон из лайкры.</p> <p>Перед состоит из 3 деталей: центральной (фигурной формы), двух боковых частей. Центральная застежка-молния расположена на спинке от линии горловины до линии талии. Рукав покроя реглан. Воротник стойка. В области колен на брюках используются наколенники из материала, устойчивого к механическим воздействиям.</p>
6.	Aqualu ng/ США/ Италия /Франц ия		Sharm	<p>Комбинезон со встроенным капюшоном из неопрена с внутренним плюшевым покрытием и центральной застежкой-молнией на перед от линии горловины до линии талии. Рукава типа реглан. Вставки из неопрена 3 мм на сгибах в суставах рук и ног. Отрезные нижние части брюк в области колена изготавливается из материала, устойчивого к механическим воздействиям. По низу рукавов и брюк притачные манжеты из лайкры.</p>
7.	Marlin/ Украин а		Skiff 2.0 7 мм	<p>Костюм, состоящий из куртки+полукомбинезона Куртка с втачным капюшоном, перед и спинка куртки с отрезными боковыми частями, цельновыкроенными по боковым срезам, нижний срез спинки с хлястиком через пах с застежкой на две кнопки спереди. Рукава куртки покроя реглан. Имеются уплотнения в области груди, локтей и колен.</p>

Продолжение таблицы Г.1

1	2	3	4	5
8.	Pinnacle/ США		Cruiser 7 мм	Комбинезон из неопрена Yamamoto 38. Перед с центральной отрезной частью фигурной формы. Застежка-молния на спинке (от линии горловины до линии талии), на лодыжках. Рукав покроя реглан. Воротник стойка. Отрезные нижние части рукавов в области локтя и брюк в области колен изготавливается из материала, устойчивого к механическим воздействия. По низу рукавов притачные манжеты.
9.	Scorpena/ Россия		E (Elite), 7 мм	Костюм, состоящий из куртки+полукомбинезона, из неопрена Yamamoto 38 с внешним лайкровым покрытием. Куртка с втачным капюшоном, перед и спинка куртки с отрезными боковыми частями, цельновыкроенными по боковым срезам, нижний срез спинки с хлястиком через пах с застежкой на две кнопки спереди. Рукава куртки покроя реглан. Отрезные нижние части брюк в области колен изготавливается из материала, устойчивого к механическим воздействия. По лицевому вырезу капюшона, низу рукавов и брюк притачные обтюраторы

Продолжение таблицы Г.1

1	2	3	4	5
10.	Mystic/Голландия		LEGEND 5/3 FULLSUIT FRONT ZIP 2018	Комбинезон, отрезной по линии талии из неопрена M-Flex 2.0. Центральная застежка-молния на спинке от линии горловины до линии талии. Рукав покроя реглан. Воротник стойка. Наколенники изготовлены прочных материалов.
11.	Sportasub/Италия		Sea Green Camu 3D 3 мм	Костюм, состоящий из куртки+полукомбинезона, из неопрена с двусторонним нейлоновым покрытием. Куртка с втачным капюшоном, перед и спинка цельновыкроенные, нижний срез спинки с хлястиком через пах с застежкой на две кнопки спереди. Рукава куртки покроя реглан. Отрезные нижние части рукавов в области локтя и брюк в области колен изготавливается из материала, устойчивого к механическим воздействиям.
12.	Salvimar/Италия		Salvimar WET DROP CELL 3,5 мм	Костюм, состоящий из куртки+полукомбинезона Куртка с втачным капюшоном, перед и спинка цельновыкроенные, нижний срез спинки с хлястиком через пах с застежкой на одну кнопку спереди. Рукава куртки покроя реглан. Отрезные нижние части рукавов в области локтя и брюк в области колен изготавливается из материала, устойчивого к механическим воздействиям. По лицевому вырезу капюшона, низу рукавов и брюк притачные обтюраторы

Продолжение таблицы Г.1

1	2	3	4	5
13	Sargan/Россия		Sargan NEMAN RD2.0 7 мм	<p>Костюм, состоящий из куртки+полукомбинезона, из неопрена с двусторонним нейлоновым покрытием. Куртка с втачным капюшоном, перед и спинка цельновыкроенные, нижний срез спинки с хлястиком через пах с застежкой на две кнопки спереди. Рукава куртки покроя реглан. Отрезные нижние части рукавов в области локтя и брюк в области колен изготавливается из материала, устойчивого к механическим воздействия. По лицевому вырезу капюшона, низу рукавов и брюк притачные обтюраторы</p>
14	AquaDisc overy /Россия		AquaDisc overy SNIPER black 5 мм	<p>Костюм, состоящий из куртки+полукомбинезона, из неопрена с двусторонним нейлоновым покрытием. Куртка с втачным капюшоном, перед и спинка цельновыкроенные, нижний срез спинки с хлястиком через пах с застежкой на две кнопки спереди. Рукава куртки покроя реглан. Отрезные нижние части рукавов в области локтя и брюк в области колен изготавливается из материала, устойчивого к механическим воздействия. По лицевому вырезу капюшона, низу рукавов и брюк притачные обтюраторы</p>

Продолжение таблицы Г.1

1	2	3	4	5
15	WaterProof/Швеция		WPSKIN WaterProof	Комбинезон из лайкры, отрезной по линии талии из лайкры. Застежка-молния на спинке от линии горловины до линии талии. Рукав покроя реглан. Воротник стойка. Боковые швы брюк смещены к центру. По низу брюк предусмотрена петля под ступню.
16	Aqua Sphere/Италия		Phantom 2.0	Комбинезон из неопрена Yamamoto 40, отрезной по линии талии на перед. Застежка-молния на спинке от линии горловины до линии талии. Рукав покроя реглан. Воротник стойка. Отрезные нижние части рукавов в области локтя и брюк в области колен.
17	Henderson/США		Thermoprene Shorty 3 мм	Комбинезон (с укороченными брюками) из неопрена Thermoprene, с технологией LYCRA. Перед и спинка цельновыкроенные. Застежка-молния на спинке от линии горловины до линии талии. Рукав покроя реглан. Воротник стойка

Продолжение таблицы Г.1

1	2	3	4	5
18	Bare / Канада/Мальта		Sport S-Flex 5 мм	Комбинезон, отрезной по линии талии из неопрена. Застежка-молния на спинке от линии горловины до линии талии. Рукав покроя реглан. Воротник стойка. Мягкие подкладки в области груди. Наколенники.
19	Mares/Италия		Dual	Костюм, состоящий из куртки+полукомбинезона, из неопрена 5 мм. Куртка с капюшоном, нижний срез спинки с хлястиком через пах с застежкой на две кнопки спереди. Застежка-молния на передне куртки от линии горловины до линии низа. Рукава куртки покроя реглан. Отрезные нижние части рукавов в области локтя и брюк в области колен изготавливается из материала, устойчивого к механическим воздействия. По лицевому вырезу капюшона, низу рукавов и брюк притачные обтюраторы.
20	Pinnacle/США		Akona	Комбинезон, отрезной по линии талии из неопрена. Перед и спинка куртки с отрезными боковыми частями, цельновыкроенными по боковым срезам. Застежка-молния на спинке от линии горловины до линии талии. Рукав покроя реглан. Воротник стойка. Мягкие подкладки в области груди. Наколенники.

Продолжение таблицы Г.1

1	2	3	4	5
21	CRE SSI/ Итал ия		SUB TECNICA	<p>Костюм, состоящий из куртки+полукомбинезона, из неопрена «Ультраспан». Изнутри костюм покрыт теплоотражающим покрытием Black Metallite. Куртка с втачным капюшоном. Перед куртки имеет фигурное членение, спинка цельновыкроенная, нижний срез спинки с хлястиком через пах с застежкой на две кнопки спереди. Рукава куртки покроя реглан. Отрезные нижние части рукавов в области локтя и брюк в области колен изготавливается из материала, устойчивого к механическим воздействия. По лицевому вырезу капюшона, низу рукавов и брюк притачные обтюраторы.</p>
22	Seac Sub Race/ Итал ия		Flex 400 7mm	<p>Костюм, состоящий из куртки+полукомбинезона, из неопрена. Куртка с втачным капюшоном, нижний срез спинки с хлястиком через пах с застежкой на две кнопки спереди. Рукава куртки покроя реглан. Отрезные нижние части рукавов в области локтя и брюк в области колен изготавливается из материала, устойчивого к механическим воздействия. По лицевому вырезу капюшона, низу рукавов и брюк притачные обтюраторы.</p>

Продолжение таблицы Г.1

1	2	3	4	5
23	BS Diver Ultra black /Украина		BS Diver Ultrablack 7 мм	<p>Костюм, состоящий из куртки+полукомбинезона, из неопрена Sheico S. Куртка с втачным капюшоном, перед и спинка куртки с отрезными боковыми частями, цельновыкроенными по боковым срезам, нижний срез спинки с хлястиком через пах с застежкой на две кнопки спереди. Рукава куртки покроя реглан. Отрезные нижние части рукавов в области локтя и брюк в области колен изготавливается из материала, устойчивого к механическим воздействиям, По лицевому вырезу капюшона, низу рукавов и брюк притачные обтюраторы.</p>
24	O'Neill/CША		Epic 5/4 BZ Full Black/Graph/Ocean	<p>Комбинезон, отрезной по линии талии на спинке, из неопрена UltraFlex. На передне центральной отрезной деталь фигурной формы. Мягкие подкладки в области груди. Застежка-молния на спинке от линии горловины до линии талии. Рукав покроя реглан. Воротник стойка. Наколенники. Отрезные нижние части брюк в области колен</p>

Продолжение таблицы Г.1

1	2	3	4	5
25	JOB E Sport s Inter natio nal/К итай		JOBЕ 17 HEAVY DUTY FULL SUIT 5/5/3 YOUTH	Комбинезон, отрезной по линии талии на спинке, из неопрена. Мягкие подкладки в области груди. Застежка-молния на спинке от линии горловины до линии талии. Рукав покроя реглан. Воротник стойка. Отрезные нижние части брюк в области колен
26	Тур/ Вьет нам		Wetsuit Male Hurricane Cat 1	Комбинезон из неопрена. Застежка-молния на спинке от линии горловины до линии талии. Рукав покроя реглан. Воротник стойка.
27	Zone 3/Ве лико брит ания		Vanquish	Комбинезон из неопрена Yamamoto # 40 SCS. Внутренняя подкладка Silk-Fit. Цельная плечевая панель вытянута от середины груди к центру спины. Застежка-молния на спинке от линии горловины до линии бедер. Перед и спинка куртки с отрезными боковыми частями, цельновыкроенными по боковым срезам Рукав цельнокроенный. Воротник стойка (литой). Отрезные нижние части рукавов в области локтя и брюк в области колен. По низу рукавов и брюк притачные обтюраторы

Продолжение таблицы Г.1

1	2	3	4	5
28	Orca /Нов ая Зела ндия		Alpha Fullsleeve	Комбинезон, отрезной по линии талии на спинке, из неопрена. Мягкие подкладки в области груди на перед. Перед и спинка куртки с отрезными боковыми частями, цельновыкроенными по боковым срезам. Рукав покроя реглан. Воротник стойка.. Застежка-молния на спинке от линии горловины до линии груд.
29	Aqu adisc overy /Росс ия		Кочевник Camo Green 7 мм	Костюм, состоящий из куртки+полукомбинезона, из неопрена. Куртка с втачным капюшоном, перед и спинка куртки с отрезными боковыми частями, цельновыкроенными по боковым срезам, нижний срез спинки с хлястиком через пах с застежкой на две кнопки спереди. Рукава куртки покроя реглан. Отрезные нижние части рукавов в области локтя и брюк в области колен изготавливается из материала, устойчивого к механическим воздействия, По лицевому вырезу капюшона, низу рукавов и брюк притачные обтюраторы.

Продолжение таблицы Г.1

1	2	3	4	5
30	SAI LFIS Н/Германия		G-Range NEW	Комбинезон, отрезной по линии талии на спинке, из неопрена Nano Space Cell 2. перед и спинка куртки с отрезными боковыми частями, цельновыкроенными по боковым срезам. Мягкие подкладки в области груди. Застежка-молния на спинке от линии горловины до линии талии. Рукав покроя реглан. Воротник стойка.
31	BUN I/Россия		BUNI 3 MM	Костюм, состоящий из куртки+полукомбинезона, из неопрена. Куртка с втачным капюшоном, перед и спинка куртки с отрезными боковыми частями, цельновыкроенными по боковым срезам, нижний срез спинки с хлястиком через пах с застежкой на липучку. Рукава куртки покроя реглан. Отрезные нижние части рукавов в области локтя и брюк в области колен изготавливается из материала, устойчивого к механическим воздействия, По лицевому вырезу капюшона, низу рукавов и брюк притачные обтюратеры.

Продолжение таблицы Г.1

1	2	3	4	5
32	<u>NEO</u> <u>PRO</u> / Фран ция		Раздельн ый гидрокост юм для дайвинга (с молниями на рукавах и щиколотк ах)	<p>Костюм, состоящий из куртки+полукомбинезона, из неопрена. Куртка отрезная по линии талии, перед и спинка куртки с отрезными боковыми частями, на переде молния от линии горловины и до линии низа куртки. Рукава куртки покроя реглан.</p> <p>Воротник стойка Отрезные нижние части рукавов в области локтя и брюк в области колен изготавливается из материала, устойчивого к механическим воздействия. Наколенники выполнены из материала "Duratex". По низу рукавов и брюк притачные манжеты.</p>
33	SUB EA/ Фран ция		SPF 100 SUBEA	<p>Костюм, состоящий из куртки+полукомбинезона, из неопрена. Куртка с втачным капюшоном, нижний срез спинки с хлястиком через пах с застежкой на две кнопки спереди. Рукава куртки втачные. Отрезные нижние части рукавов в области локтя и брюк в области колен изготавливается из материала, устойчивого к механическим воздействия. По лицевому вырезу капюшона, низу рукавов и брюк притачные обтюраторы.</p>

Окончание таблицы Г.1

1	2	3	4	5
34	Epsilon/ Франция		Red Fusion Yamamoto 0393 мм	<p>Костюм, состоящий из куртки+полукомбинезона, из неопрена. Куртка с втачным капюшоном, нижний срез спинки с хлястиком через пах с застежкой на две кнопки спереди. Рукава куртки покроя реглан. Отрезные нижние части рукавов в области брюк в области колен изготавливается из материала, устойчивого к механическим воздействия. По лицевому вырезу капюшона, низу рукавов и брюк притачные обтюраторы.</p>
35	Slinx /Китай		Slinx 5	<p>Костюм, состоящий из куртки+полукомбинезона, из неопрена. Куртка с втачным капюшоном, нижний срез спинки с хлястиком через пах с застежкой на две кнопки спереди. Рукава куртки покроя реглан. Отрезные нижние части рукавов в области брюк в области колен изготавливается из материала, устойчивого к механическим воздействия. По лицевому вырезу капюшона, низу рукавов и брюк притачные обтюраторы.</p>

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

(обязательное)

**Физико-технические характеристики опорных вспененных материалов
для гидроодежды**

Таблицы Д.1 – Характеристики плотности образцов типового неопрена (для гидрокостюмов)

№ п/п	Образцы неопрена (наименования от фирм- производителей)	Толщина, мм	Поверхностная плотность образца, г/м ²
1.	«Yamamoto-45» (с металлизированным покрытием типа SCS)	4,33	1393,75
2.	«National»	4,18	1012,5
3.	«Yamamoto-39»	4,21	1181,25
4.	«Yamamoto-39 трикотажным покрытием»	4,32	1362,5
5.	«Yamamoto-38»	4,33	1293,75
6.	«Heiwa»	4,42	1187,5
7.	«Daiwabo-35»	4,40	1462,5
8.	«Yamamoto-45»	4,25	1337,5
9.	«Sheico»	4,24	1187,5

Таблица Д.2 – Экспериментально установленные физико-технические характеристики вспененных материалов типа неопрен

№ образца*	Наименование образцов	Водопоглощение, %	Жесткость, Н см ²	Полная деформация, %	Разрывное усилие, Н	Удельное разрывное усилие, кН·м/кг	Абсолютное разрывное удлинение, мм	Относительное разрывное удлинение, %	Составные части деформации, %			Доля составной части деформации		
									Упругая деформация, ϵ_1	Эластическая деформация, ϵ_2	Пластическая деформация, ϵ_3	$\Delta\epsilon_1$	$\Delta\epsilon_2$	$\Delta\epsilon_3$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	2								10	11	12	13	14	15
1	«Yamamoto-45" (с металлизированным покрытием типа SCS)»	6,7	0,170666	30,00	51,00	0,7	200,00	16,6	25	4	2	0,83	0,13	0,03
2	«National»	6,2	0,105757	25,00	94,00	0,12	200,00	16,6	19	3	2	0,76	0,12	0,08
3	«Yamamoto-39»	30,0	0,144645	50,00	48,00	0,8	200,00	16,6	45	4	1	0,9	0,08	0,02

Окончание таблицы Д.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
4	«Yamamoto-39 (с трикотажным покрытием)»	5,5	0,154467	26,00	94,00	1,16	200,00	16,6	23	2	1	0,88	0,08	0,04
5	«Yamamoto-38»	20,0	0,140819	26,00	134,00	2,07	200,00	16,6	21	4	1	0,81	0,15	0,04
6	«Heiwa»	24,2	0,14541	20,00	86,00	1,44	200,00	16,6	19	1	0	0,95	0,05	0
7	«Daiwabo-35»	7,3	0,146395	29,00	85,00	1,2	200,00	16,6	29	0	0	1	0	0
8	«Yamamoto-45»	5,1	0,145581	9,00	87,00	1,3	200,00	16,6	3	3	0	0,33	0,33	0,33
9	«Sheico»	7,9	0,124035	3,00	62,00	1,04	200,00	16,6	1	2	0	0,33	0,66	0

Таблица Д.3 – Технические характеристики термостойкого неопрена марки «Неопрен CR» [93–100, 148]

Характеристики	Единицы измерения	Значение
Физико-механические свойства		
Диапазон твердости	Шор А	20,0 – 95,0
Сопротивление на разрыв	кПА	1.650
Диапазон прочности на растяжение	МПа	3,44 – 20,68
Плотность	г/м ²	902,88
Относительное удлинение	%	100,0 – 800,0
Диапазон температур стабильной эксплуатации	°С	-1,0+130,0

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

(обязательное)

Общая характеристика типовых термостойких покрытий материалов

Таблица Е.1 – Общая характеристика типовых термостойких покрытий материалов
[161–162]

Вид термостойкого покрытия	Состав	Температурный диапазон применения °С	Свойства
Алкидные	Алкидная смола, растворитель, пигменты, наполнители.	100–150	эластичность; водостойкость; долговечность
Акриловые	Акриловая смола, вода, пигменты, антисептики, модификаторы	100–120	водостойкость
Эпоксидные	Эпоксидная смола, полимеры, пигменты, органические растворители.	150–300	водостойкость; химическая стойкость; долговечность; устойчивость к истиранию; хорошая адгезия
Эпоксифирный, этилсиликатные	Основа эпоксифирные, этилсиликатные смолы, пигмент металлическая пудра	200–400	химическая стойкость; долговечность
Силиконовые	Силиконовая смола, соединения кремния и полимеров, цинковая	До 650	воздухопроницаемость; устойчива к воздействию морской воды; устойчивость к воздействию света и воздуха химическая стойкость
Силиконовые	Силикон	-60–+300	воздухо-водонепроницаемость; химическая стойкость
Графитовые	Графит	250–300	химическая стойкость; долговечность; устойчивость к истиранию;
Карбоновые (углеводородные)	Углеводород	До 230	химическая стойкость; долговечность; устойчивость к истиранию;

Таблица Е.2 – Основные технические характеристики силиконовых материалов
[135, 136]

Технические характеристики	Единица измерения	Значения
Твердость	Шор А	30–87
Остаточная деформация при сжатии, не более	%	15–30
Разрывная нагрузка, не менее	МПа	2,1–6
Прочность при растяжении, не менее	МПа	5–8
Удлинение при разрыве, не менее	%	60–500
Изменение твердости, не более	%	±5–±10
Изменение прочности при разрыве, не более	%	±15–±20
Изменение удлинения при разрыве, не более	%	±30
Сопротивление раздиру, не менее	кН/м	9–25
Вязкость	мПа.с	(60 ~ 80)×10 ⁴ – (75 ~ 150)×10 ⁴
Температурный диапазон эксплуатации	°С	до 650
Распространение пламени	мм	100

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

(обязательное)

Основные технические характеристики термостойкой силиконовой основы для барьерного защитного материала

Таблица Ж.1 – Основные технические характеристики термостойкой силиконовой основы для барьерного защитного материала

Технические характеристики	Единица измерения	Flexilis G710-900-2-5 [168]	Alcorsil – 900-2-5 [169]
Твердость	Шор А	10,0	15,0
Плотность	г/м ²	2798,0	3176,92
Прочность при растяжении, не менее	МПа	2,2	2,2
Удлинение при разрыве, не менее	%	600,0	500,0
Температура плавления	оС	+900	+900
Линейная усадка	%	≤ 0,1	< 1,0

ПРИЛОЖЕНИЕ И

(обязательное)

**Условия экспериментального исследования влияния критического
термического воздействия на устойчивость структуры нового комплексного
термостойкого материала**

Таблица И.1 – Условия экспериментального исследования устойчивости нового
комплексного термостойкого материала к тепловому
кратковременному воздействию открытого пламени [170, 171]

Параметр	Единица измерения	Значение
Размеры образца	мм	200,0x160,0
Температура воздуха	°С	+4
Относительная влажность воздуха	%	87,0
Общая длина излучения (горелки)	мм	356,0 ± 2,0
Длина нагревающей части (горелки)	мм	178,0±2,0
Время непосредственного термического воздействия на образец	с	10,0
Высота пламени горелки, измеренная как расстояние между верхней частью трубки горелки и верхом конусной желтой части пламени	мм	40,0 ± 2,0
Температура пламени горелки	°С	900
Диаметр сопла горелки	мм	2,0 ± 0,1

ПРИЛОЖЕНИЕ К

(обязательное)

Патент на изобретение «Термостойкое силиконовое покрытие с
поверхностной рельефной структурой» (RU 2756454)

ПРИЛОЖЕНИЕ Л

(обязательное)

Систематизация методов и средств моделирования мультифизических процессов для проектирования многослойной одежды

Таблица Л.1 – Сравнительный анализ методов и средств моделирования мультифизических процессов [190–234]

Название метода/страна	Характеристика	Особенности функционирования
1	2	3
Advanced Simulation Library/Израиль	Программное обеспечение для мультифизического моделирования с аппаратным ускорением с открытым исходным кодом	Подход с погруженными границами без сетки позволяет пользователям переходить от САПР непосредственно к вычислениям, сокращая затраты на предварительную обработку. Динамическая компиляция обеспечивает дополнительный уровень оптимизации во время выполнения (т. е. для определенного набора параметров, который был предоставлен приложению) Автоматическое аппаратное ускорение и распараллеливание приложений Развертывание одной и той же программы на различных параллельных архитектурах – GPU, APU, FPGA, DSP, многоядерные процессоры
Algodoos/Швеция	2D-симулятор физики	Визуализация условия физической задачи
ASCEND/США	Среда моделирования и вычисления больших или малых систем нелинейных уравнений. Используются для построения моделей статических и динамических систем.	Построение больших иерархических систем с подмоделями, решение нелинейных уравнений как динамической системы, возможность использования в своих собственных моделях
CP2K/США	Программа молекулярной динамики с открытым исходным кодом	Атомистического моделирования твердых, жидких, молекулярных, периодических, материальных, кристаллических и биологических систем
Cantera/США	Программное обеспечение для химической кинетики с открытым исходным кодом, используемое для решения ламинарных потоков с химическими реакциями	Используется в качестве сторонней библиотеки в кодах моделирования потоков внешнего реагирования. Для оценки свойств и терминов химических источников, которые появляются в управляющих уравнениях приложения

Продолжение таблицы Л.1

1	2	3
DWSIM/ США	Симулятор химических процессов с открытым исходным кодом	Термодинамические модели, динамическое моделирование и моделирование, операции подразделения, анализ процессов: многовариантная ограниченная утилита оптимизации и анализа чувствительности
Elmer FEM/Финляндия	Программное обеспечение для мультифизического моделирования с открытым исходным кодом	Построение физических моделей для решения задач гидродинамики, строительной механики, электродинамики, теплопереноса, акустики и т. д. Состоит из нескольких частей: физические модели, а также граничные и начальные условия задаются в модуле ElmerGUI; численное решение задачи происходит в ElmerSolver,
FlightGear/Канада	Имитатор атмосферных и орбитальных полетов с открытым исходным кодом и движком динамики полета (JSBSim), который используется в тесте NASA 2015 года для оценки соответствия нового кода моделирования стандартам космической промышленности	Моделирование окружающей среды отображает сезонные изменения, когда листья разных видов деревьев, кустов и травы меняют цвет или опадают.
FreeFem ++/Франция	Мультифизическое программное обеспечение для анализа методом конечных элементов (FEA) с открытым исходным кодом	Частичное дифференциальное решение уравнений для нелинейных многофизических систем в 1D, 2D, 3D и 3D пограничных областях (поверхность и кривая)
FreeMat/США	Среда числовых вычислений и язык программирования с открытым исходным кодом	Работа с массивами чисел, выполнять операции над многочленами, решать различные уравнения, строить графики, различные интерфейсы для получения доступа к внешним подпрограммам, написанным на других языках программирования
GNU Octave/США	Программное обеспечение для математического моделирования и моделирования с открытым исходным кодом	Арифметика вещественных и комплексных скаляров, векторов и матриц, расширения для решения линейных алгебраических задач, нахождения корней систем нелинейных алгебраических уравнений, работы с полиномами, решения различных дифференциальных уравнений, интегрирования систем дифференциальных и дифференциально-алгебраических уравнений

Продолжение таблицы Л.1

1	2	3
JModelica/Швеция	Программная платформа, основанная на языке моделирования Modelica, для моделирования, моделирования, оптимизации и анализа сложных динамических систем	Решение проблем динамической оптимизации, включая оптимальное управление, оптимизацию траектории, оптимизацию параметров и калибровку модели. Расширение Optimica обеспечивает высокоуровневую формулировку задач динамической оптимизации на основе моделей
OpenFOAM/Англия	Программное обеспечение с открытым исходным кодом, используемое для вычислительной гидродинамики	Удобный синтаксис для уравнений в частных производных Полностью документированный исходный код Возможности неструктурированной многогранной сетки Автоматическое распараллеливание приложений, написанных с использованием высокоуровневого синтаксиса OpenFOAM
OpenModelica/Швеция	Среда моделирования с открытым исходным кодом, основанная на Modelica	Редактор для расширенного редактирования текстовых моделей с помощью кода
OpenSim/США	Программный комплекс с открытым исходным кодом для биомеханического моделирования	Широкий спектр исследований, включая анализ динамики ходьбы, исследования спортивных результатов, моделирование хирургических процедур, анализ нагрузок на суставы, проектирование медицинских устройств и анимацию движений человека и животных. Программное обеспечение выполняет анализ обратной динамики и моделирование прямой динамики
Project Chrono/США	Среда мультифизического моделирования с открытым исходным кодом	Разработка в области датчиков моделирования, робототехника моделирования и автономного моделирование транспортного средства, в котором акцент делается на внедорожных сценариях. Части кода выполняются на графическом процессоре, многоядерных процессорах и архитектурах с распределенной памятью через MPI
Scilab/Франция	Кросс-платформенный вычислительный пакет с открытым исходным кодом и высокоуровневый язык программирования с числовой ориентацией	обработки сигналов, статистический анализ, улучшение качества изображения, динамики жидкости моделирования, численного оптимизации и моделирования, моделирование явных и неявных систем динамических и (если соответствующий набор инструментов установлен) символические манипуляции

Продолжение таблицы Л.1

1	2	3
Simulation Open Framework/ Франция	Фреймворк с открытым исходным кодом для мультифизического моделирования с упором на медицинское моделирование	Создание сложных и развивающихся симуляций, комбинирующих новые алгоритмы с существующими алгоритмами, создание сложных моделей из более простых, используя описание графа сцены, моделирование динамики взаимодействующих объектов с помощью решателей абстрактных уравнений
AGX Multiphysics/ Швеция	Движок многотельного и мультифизического моделирования, ориентированный в реальном времени	Приложения-симуляторы виртуальной реальности в реальном времени для обучения и маркетинга; компьютерная инженерия и виртуальное прототипирование; визуальные эффекты фильма; и образование
Adina/США	Программа инженерного моделирования для структурных, жидкостных, теплопередающих и мультифизических задач	Решение структурных, электромагнитных вопросов, вопросов передачи жидкости. Решение проблем мультифизики, включая взаимодействие между жидкостной структурой и термомеханические проблемы.
AnyLogic/США	многофункциональный инструмент имитационного моделирования	Системная динамика и дискретное событие – традиционные подходы к моделированию, агентный подход. Технически подход системной динамики имеет дело в основном с непрерывными процессами, тогда как модели на основе дискретных событий и агентов работают в основном в дискретном времени, то есть переходят от одного события к другому. Системная динамика, имеющая дело с агрегатами, очевидно, используется на самом высоком уровне абстракции. Дискретное моделирование событий используется от низкого до среднего уровня абстракции.

Продолжение таблицы Л.1

1	2	3
Automation Studio/США	Программное обеспечение для проектирования и моделирования гидравлических систем, электрических систем и систем управления	<p>Система управления проектом</p> <p>Программирование</p> <p>Управление аппаратным обеспечением</p> <p>Встроенная визуализация</p> <p>Управление движением</p> <p>Диагностика</p> <p>Интегрированная технология безопасности</p> <p>Имитационное моделирование</p> <p>Справочная система</p> <p>Системы полевых шин</p> <p>Связь</p> <p>Операционная система реального времени</p> <p>Дистанционное техническое обслуживание</p>
CircuitLogix/ Канада	Программное обеспечение для моделирования электроники	Разработка аналоговых, цифровых и смешанных аналого-цифровых схем
Dymola/Швеция	Программное обеспечение для моделирования и имитационного моделирования	<p>Модели могут состоять из компонентов из многих инженерных областей. На самом низком уровне динамическое поведение описывается математическими уравнениями или алгоритмами. Связи между компонентами образуют дополнительные уравнения.</p> <p>Обрабатывается полная система уравнений. Знания в предметной области представлены библиотеками Modelica, содержащими компоненты для механических, электрических, управляющих, тепловых, пневматических, гидравлических, силовых передач, термодинамики, динамики транспортных средств, кондиционирования воздуха и т. Д.</p>

Продолжение таблицы Л.1

1	2	3
COMSOL Multiphysics/ Швеция	Программный пакет, предназначенный преимущественно для анализа методом конечных элементов, решателя и моделирования для различных физических и инженерных приложений, особенно связанных явлений или мультифизики	<p>Точные мультифизические модели учитывают широкий диапазон рабочих условий и большой набор физических явлений.</p> <p>Высокопроизводительный, интерактивный и удобный интерфейс пользователя. Мощные прямые и итеративные решатели. Инструменты для проведения линейного, нелинейного, стационарного и нестационарного анализа, а также анализа собственного значения.</p> <p>Полная свобода при указании физических свойств в виде аналитических выражений или функций.</p> <p>Неограниченные возможности для моделирования взаимосвязанных физических полей.</p> <p>Общие формулировки для быстрого моделирования произвольных систем частных дифференциальных уравнений. Инструменты автоматизированного проектирования для моделирования в одномерном, двухмерном и трехмерном пространстве.</p> <p>Автоматическое создание ячеек различных форм (треугольник, квадрат, тетраэдр, параллелепипед и призма).</p> <p>Расширенные библиотеки моделей (более 100 готовых примеров).</p> <p>Параметрический решатель для работы с нелинейными моделями.</p> <p>Интерактивная заключительная обработка и графическое представление модели.</p> <p>Генератор отчетов для автоматического составления документации по моделям.</p>
Ecolego/Швеция	Программный инструмент моделирования для создания динамических моделей и выполнения детерминированного и вероятностного моделирования	<p>Модели представлены с помощью матриц взаимодействий вместо традиционных блок-схем. В сочетании с иерархическими контейнерами (подсистемами) матрица взаимодействия значительно упрощает построение и документирование больших и сложных моделей. Объектам можно назначать комментарии, изображения, единицы измерения и гиперссылки на другие документы или объекты</p>

Продолжение таблицы Л.1

1	2	3
EcosimPro/Испания	Программа непрерывного и дискретного моделирования и имитационного моделирования	Символическая обработка уравнений (например: вывод и т.д.) Надежные решатели для нелинейных и DAE систем: DASSL, Ньютон-Рафсон Математические мастера для: Определение пограничных условий Решение алгебраических петель Снижение проблем с высоким индексом DAE Умные математические алгоритмы, основанные на теории графиков, чтобы свести к минимуму количество неизвестных переменных и уравнений Мощный обработчик дискретных событий, чтобы остановить моделирование, когда происходит событие
Enterprise Dynamics/Нидерланды	Программная платформа для моделирования	Объектно-ориентированная платформа моделирования в сочетании с событийно-ориентированным подходом. Пользователь может выбрать стандартные объекты моделирования (так называемые «атомы»), в которых фиксируется поведение их реальных эквивалентов, из библиотеки и создать модель, щелкнув и перетаскивая объекты в пространство модели. Для каждого объекта моделирования можно изменить параметры, чтобы изменить его поведение
FlexSim/США	Программа для моделирования дискретных событий	Включает в себя стандартную библиотеку объектов, каждый из которых содержит заранее созданную логику и выполнение задач, имитирующих ресурсы, используемые в реальных операциях
GoldSim/США	Программное обеспечение для моделирования системной динамики и моделирования дискретных событий	Среда визуального и иерархического моделирования, которая позволяет пользователям создавать модели, добавляя «элементы» (объекты модели), которые представляют данные, уравнения, процессы или события, и связывая их вместе в графические представления, напоминающие диаграммы влияния

Продолжение таблицы Л.1

1	2	3
HyperWorks/ США	Многопрофильное программное обеспечение для моделирования	Технологии моделирования Altair, предназначенные для эффективного анализа и оптимизации разрабатываемых конструкций, позволяют быстро и с высокой надёжностью проектировать и создавать лучшую продукцию в любой отрасли промышленности. Программные продукты, ориентированные на пользователя. Программные продукты HyperWorks (<u>HyperMesh</u> , <u>SimLab</u> , <u>HyperCrash</u> , <u>HyperView</u> , <u>OptiStruct</u> , <u>AcuSolve</u> , <u>RADIOSS</u>) являются признанными лидерами в своих областях, обладая как ведущими в своём классе технологиями, так и удобным, понятным интерфейсом. На протяжении последних двадцати лет их используют лидеры различных отраслей промышленности по всему миру. Решение самых актуальных проблем. Программные продукты HyperWorks нацелены на решение самых важных и актуальных проблем различных отраслей промышленности, повышение качества моделирования и точности полученных результатов, снижение временных затрат инженеров и компьютерного времени вычисления, решение сложнейших задач нелинейной механики и структурной оптимизации
ISAAC Dynamics/Италия	Программа для моделирования динамических процессов для электростанций с традиционными и возобновляемыми источниками	Выполнение динамического моделирования, сфокусированное на определенных частях растения; детальное изучение процесса и глубокий анализ отдельных компонентов; предварительный расчет компонентов; выполнение технико-экономические обоснования и экономические оценки
Lanner Group Ltd Lanner/Англия	Платформа дискретного моделирования событий для моделирования процессов и экспериментов	Инструмент визуального интерактивного моделирования

Продолжение таблицы Л.1

1	2	3
MapleSim/Канада	Инструмент многодоменного моделирования и симуляции	Генерация уравнения модели, моделирование и анализ, используя символичный и числовой математический механизм Maple. Модели создаются путем перетаскивания компонентов из библиотеки в центральное рабочее пространство, в результате чего получается модель, представляющая физическую систему в графической форме. Библиотека MapleSim включает множество компонентов, которые можно соединить вместе для моделирования системы. Эти компоненты из области науки и техники, такие как электрические, механические и тепловые области техники
MATLAB/США	Инструмент программирования, моделирования и симуляции	Численные вычисления, дополнительный набор инструментов символический механизм, позволяющий получить доступ к возможностям символических вычислений. Дополнительный пакет, добавляет графическое многодоменное моделирование и проектирование на основе моделей для динамических и встроенных систем
NEi Nastran/США	Программа для инженерного моделирования напряжений, динамики и теплопередачи в конструкциях	Нелинейный композитный анализ прогрессивного разрушения слоя (PPFA), модель бетонного материала, прямое принудительное движение, предварительная нагрузка болтов, улучшенные характеристики жестких элементов, визуализация поддержка различных объектов, автоматические динамические графики во время нелинейного анализа, прозрачные макс / мин, а также новый внешний вид для его инструмента редактирования

Окончание таблицы Л.1

1	2	3
Simul8/США	Программа для моделирования дискретных событий или процессов	Построение моделей основывается на рисовании организационных схем на экране. Создание расширенных функций модели, которые нельзя смоделировать с использованием только графического интерфейса . SIMUL8 также предоставляет свой собственный язык моделирования на основе
TRNSYS/США	Программное обеспечение для динамического моделирования систем возобновляемой энергии, систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, использования энергии в зданиях, а также пассивных и активных солнечных систем	Выполнение динамического моделирования поведения солнечной системы горячего водоснабжения в течение типичного метеорологического года, чтобы можно было убедиться в долгосрочной экономии средств такой системы
Wolfram System Modeler/США	Программное обеспечение для моделирования и симуляции	Интерактивная графическая среда, включающая настраиваемый набор библиотек компонентов
VSim/США	Программный инструмент для мультифизического моделирования, предназначенный для проведения интенсивных вычислений электромагнитного, электростатического и плазменного моделирования	Для большей гибкости входной файл можно записать напрямую. Здесь пользователь имеет полный контроль над физическими величинами для включения в моделирование, включая низкоуровневый контроль над алгоритмами и решателями. Пользователь может указать динамику частиц как полностью релятивистскую, нерелятивистскую, немагнитную или другую. Дополнительные столкновения между электронами, ионами и нейтральными газами (нейтральные газы представлены жидкостями или частицами) доступны во входном файле, включая операции саморасщепления и самосоединения. Можно смоделировать расширенные взаимодействия с поверхностью, включая определяемую пользователем вторичную электронную эмиссию, распыление и зарядку поверхности. Параллельная декомпозиция также может быть указана вручную для высокопроизводительных приложений

ПРИЛОЖЕНИЕ М

(обязательное)

Результаты патентных исследований современных гидрокостюмов

Известен двухслойный гидрокостюм (патент RU № 2423284, B63C11/02, 2007 г.), состоящий из первого полого непроницаемого эластичного материала, имеющего форму тела человека и включающего два рукава, две штанины и торс; и второго полого эластичного материала, имеющего форму тела человека и включающего два рукава, две штанины и торс, расположенного поверх первого материала. Недостатком данного гидрокостюма является отсутствие дополнительной термозащиты, а также невозможность его эксплуатации в условиях воздействия производственных рисков подводно-сварочных процессов. Одним из существенных недостатков костюмов является низкая эргономичность. Двойной слой материала снижает эластичность костюма, что ограничивает свободу движения специалиста и снижает его работоспособность.

Гидрокостюм (патент JP № H11-310193), конструктивная особенность которого характеризуется использованием водонепроницаемой молнии, проходящей через заднюю сторону основной части гидрокостюма от поверхности одного плеча к поверхности другого плеча. Недостатком представленного гидрокостюма является отсутствие локальной защиты от воздействий производственных термических рисков подводно-сварочных процессов.

Известен подводный сухой гидрокостюм (патент RU 2 507 106, B63C 11/04, 2010 г.), содержащий устройство водонепроницаемой расстегивающейся/застегивающейся молнии и образующей открывающуюся часть, в котором устройство водонепроницаемой молнии выполнено в виде горизонтальной линии в направлении ширины грудной клетки. Недостатком данного гидрокостюма является отсутствие дополнительной защиты зон повышенной термической повреждаемости и, соответственно, невозможность его эксплуатации в условиях воздействия производственных рисков подводно-

сварочных процессов. Также недостатком представленного гидрокостюма является низкая эргономичность, что ухудшает динамику движения специалиста.

Плавательный спасательный гидрокостюм (патент RU №2013147709/11U, 2013 г.) включает в себя комбинезон из неэластичной прочной легкой воздуховодонепроницаемой ткани, на поверхности комбинезона нашиты мембраны из воздуховодонепроницаемого материала с соблюдением требования герметичности шва. Недостатком данного решения является то, что нашитые мембраны обеспечивают плавучесть человека только на спине, затрудняя его движения в воде. Данный вариант гидрокостюма не предполагает его использование в течение продолжительного времени на глубине под водой, а также не имеет дополнительного термически защитного барьерного слоя материалов, что исключает возможность его использования в условиях подводной сварки.

Гидрокостюм (патент US № 6,715,149, 2004 г.) имеет гладкую оболочку и потайные складки для улучшения функциональности гидрокостюма. Гидрокостюм состоит из полый непроницаемой ткани, имеющей форму тела человека, включая два рукава, две штанины и торс. Недостатком представленного гидрокостюма является отсутствие дополнительной термической изоляционной защиты участков с высоким риском повреждения от воздействий производственных рисков подводно-сварочных процессов.

Гидрокостюм (патент JP № 2000-510413), конструктивная особенность которой характеризуется использованием водонепроницаемой молнии, проходящей диагонально от одного плеча к груди поперек передней части закрывающегося/открывающегося верхнего участка туловища. Недостатком данного гидрокостюма является отсутствие дополнительной локальной термозащиты, а также невозможность его эксплуатации в условиях воздействия производственных рисков подводно-сварочных процессов.

Гидрокостюм (патент RU № 917449, МПК: В63С 9/08, 1991 г.), оборудованный аккумулятором электроэнергии. Гидрокомбинезон снабжен пластинами солнечных батарей и генератором, установленными на воротниковом диске и электрически связанными с аккумулятором электроэнергии. Недостатками

данного способа является сложность технологического процесса, гидрокостюм не предполагает использование дополнительного барьерного слоя (специальных термостойких материалов), что исключает возможность его использования в условиях подводной сварки.

Известен гидрокостюм сухого типа (патент RU № 179 72 U1, В63С 9/087, 2017 г.), характеризующийся использованием между материалом костюма и водонепроницаемой мембраной специальные прокладки влагопоглощения, размещенные на участках интенсивного потоотделения, позволяющие собирать излишнюю влагу в подкостюмном пространстве. Недостатком данного гидрокостюма является отсутствие дополнительной локальной термозащиты, а также невозможность его эксплуатации в условиях воздействия производственных рисков подводно-сварочных процессов. Низкая эргономичность – низкая эластичность гидрокостюма ограничивает свободу движения специалиста и снижает его работоспособность.

Известен плавательный гидрокостюм с элементами спасения (патент ЕР №1961654 (В1), 2011 г.), с надувным элементом (элементами), используемые отдельно или прикрепляются к гидрокостюму. Гидрокостюм не предполагает использование дополнительного барьерного слоя, что исключает возможность его использования в условиях подводной сварки.

Наиболее близким по технической сущности, аналогом заявляемого технического решения является двухслойный гидрокостюм (патент RU № 2423284, МПК В63С11/02, 2007 г.), состоящий из первого непроницаемого эластичного материала, имеющего форму тела человека и включающего два рукава, две штанины и торс; и второго эластичного материала, имеющего форму тела человека и включающего два рукава, две штанины и торс, расположенного поверх первого материала. Два слоя материала приводит к снижению эластичности костюма и свободы движения человека в нем, что не учитывает особенности двигательных механизмов частей тела человека. Поверхность костюма не предусматривает дополнительной локальной барьерной защиты для участков высокой термической повреждаемости.

ПРИЛОЖЕНИЕ Н

(обязательное)

**Патент на изобретение «Защитный термостойкий гидрокостюм
мокрого типа для подводной сварки» (RU 2796939)**

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ
НА ИЗОБРЕТЕНИЕ
№ 2796930

**Защитный термостойкий гидрокостюм мокрого типа
для подводной сварки**

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
"Донской государственный технический университет"
(ДГТУ) (RU)*

Авторы: *Коршители Анна Михайловна (RU), Черунова
Ирина Викторовна (RU)*

Заявка № 2022124142
Приоритет изобретения **12 сентября 2022 г.**
Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений
Российской Федерации **29 мая 2023 г.**
Срок действия исключительного права
на изобретение истекает **12 сентября 2042 г.**

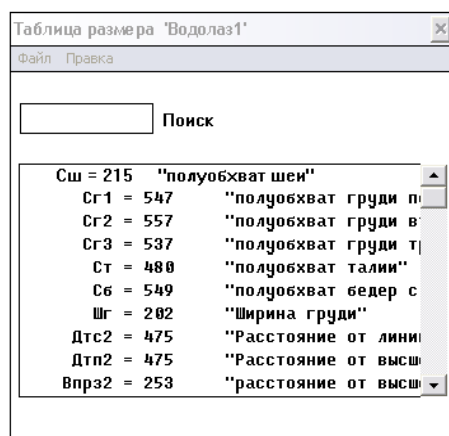
Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности
Ю.С. Зубов



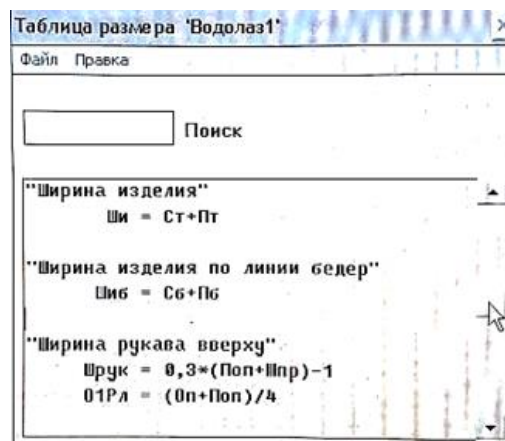
ПРИЛОЖЕНИЕ П

(обязательное)

Фрагменты интерфейса формирования исходных данных, расчетов и построения конструкции термозащитного гидрокостюма подводного сварщика в условиях САПР одежды



а) исходные данные (фрагмент)

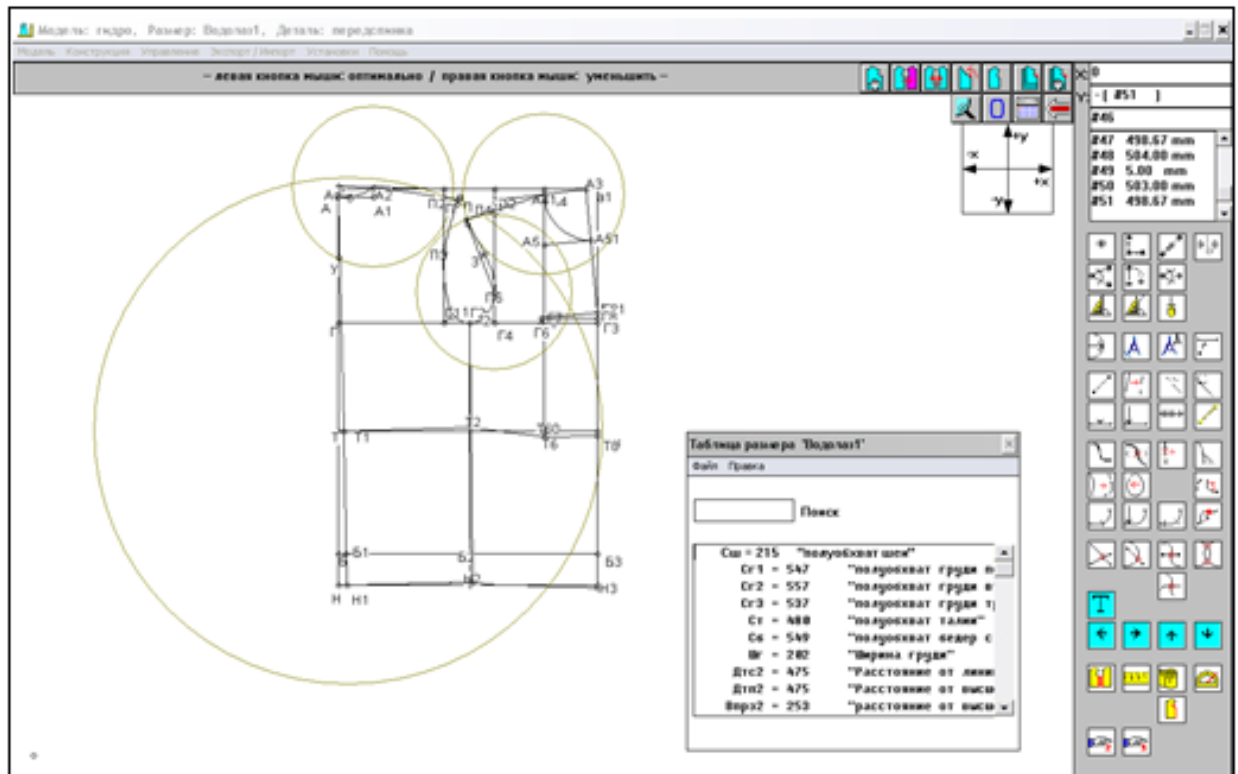


б) алгоритм расчета участков чертежа конструкции (фрагмент)

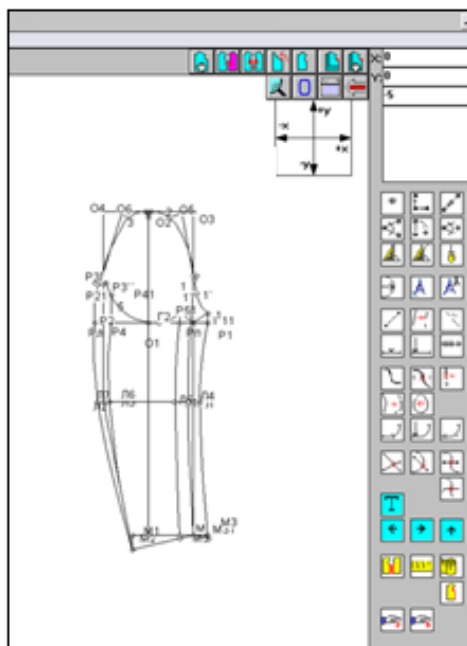
Рисунок П.1 – Фрагменты интерфейса формирования исходных данных и расчетов конструкции мужского термозащитного гидрокостюма в САПР «Novo-Cut»)

Таблица П.1 – Основные прибавки на свободу облегания мужского термозащитного гидрокостюма

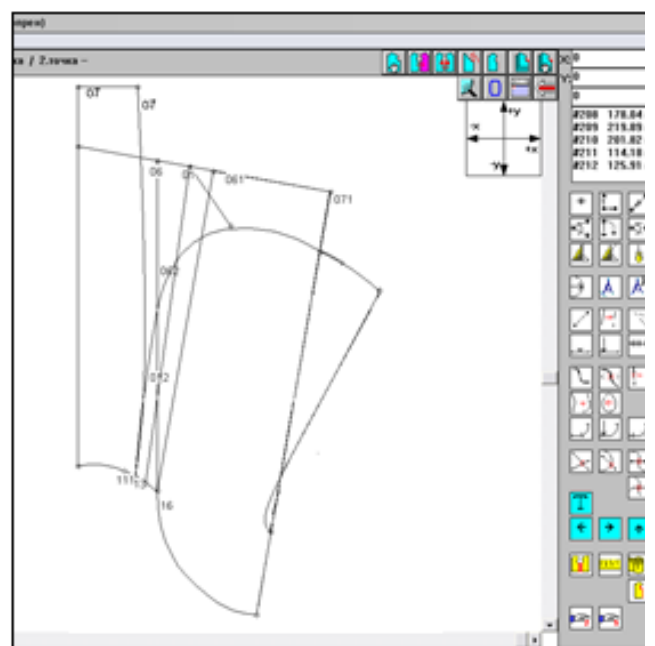
Наименование прибавки	Наименование размерного признака	Абсолютные величины, см
Пг	Прибавка на свободное облегание по линии груди	-4,0
Пт	Прибавка на свободное облегание по линии талии	-4,0
Пдс	Прибавка по глубине сидения	-1,0
Пшс	Прибавка к ширине спинки	-1,0
Пшп	Прибавка к ширине переда	-1,0
Пб	Прибавка на свободное облегание по линии бедер	-3,0
Поп	Прибавка к обхвату плеча	-3,0
Пдтс	Прибавка к длине спинки до линии талии	-1,0
Пспр	Прибавка на свободу проймы по глубине	1,0
Пшгор	Прибавка к ширине горловины	1,0



(а)



(б)



(в)

Рисунок П.2 – Интерфейс автоматизированного построения в САПР «Novocut» основных деталей чертежа БК куртки гидрокостюма для подводного сварщика

ПРИЛОЖЕНИЕ Р

(обязательное)

Патент на изобретение «Латы-перчатки огнестойкие с дополнительной функцией освещения» (RU 2705266)

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ
НА ИЗОБРЕТЕНИЕ
№ 2705266

**ЛАТЫ-ПЕРЧАТКИ ОГНЕСТОЙКИЕ С
ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИЕЙ ОСВЕЩЕНИЯ**

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Донской государственный технический университет" (ДГТУ) (RU)*

Авторы: *Коринтели Анна Михайловна (RU), Черунова Ирина Викторовна (RU), Черунов Павел Владимирович (RU)*

Заявка № 2019111967
Приоритет изобретения 19 апреля 2019 г.
Дата государственной регистрации в
Государственном реестре изобретений
Российской Федерации 06 ноября 2019 г.
Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 19 апреля 2039 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности



Г.П. Ислюев Г.П. Ислюев

ПРИЛОЖЕНИЕ С

(обязательное)

Схема технологической сборки мужского термозащитного гидрокостюма для подводной сварки

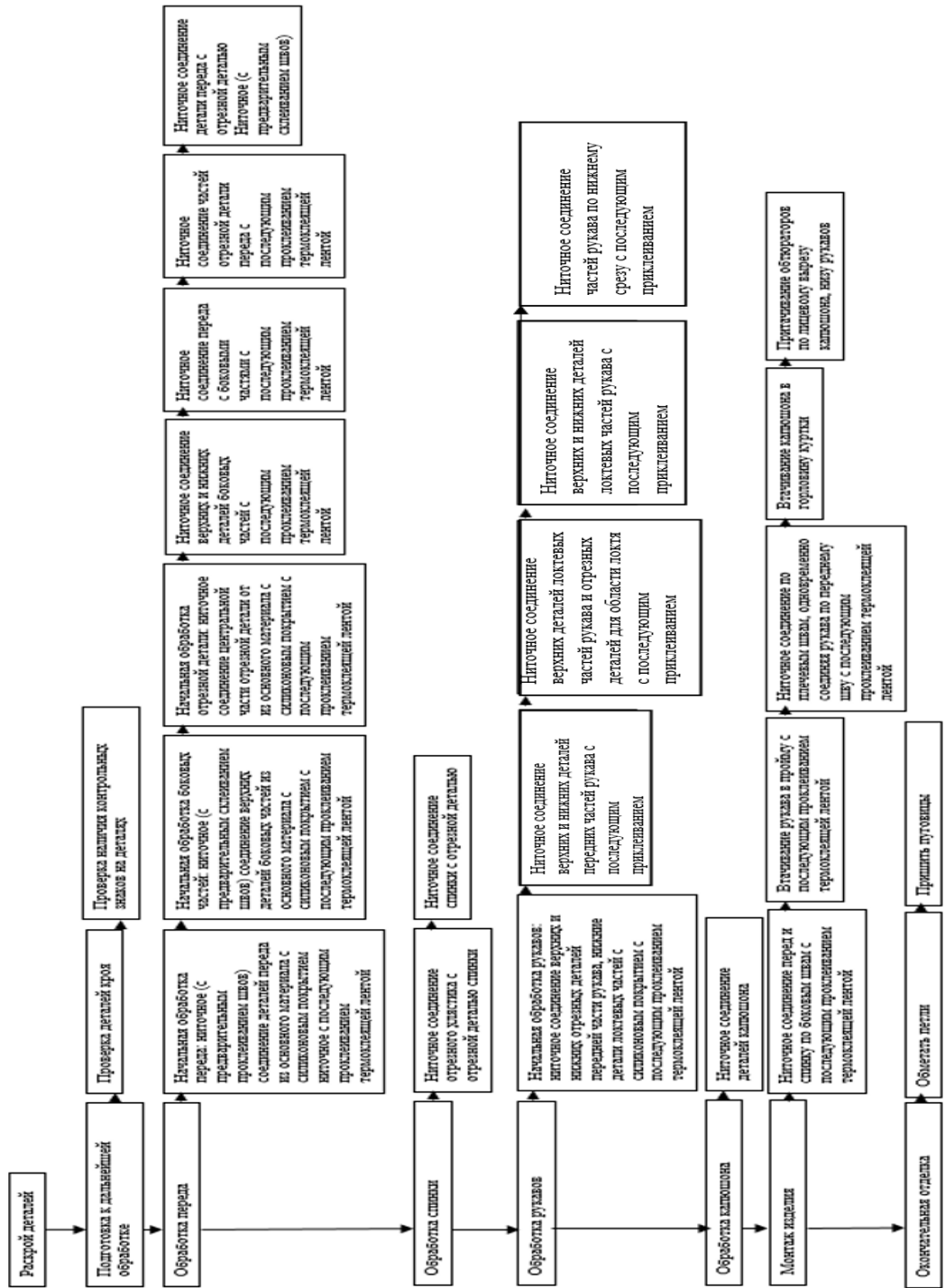


Рисунок С.1 – Схема технологической сборки куртки мужского термозащитного гидрокостюма для подводной сварки

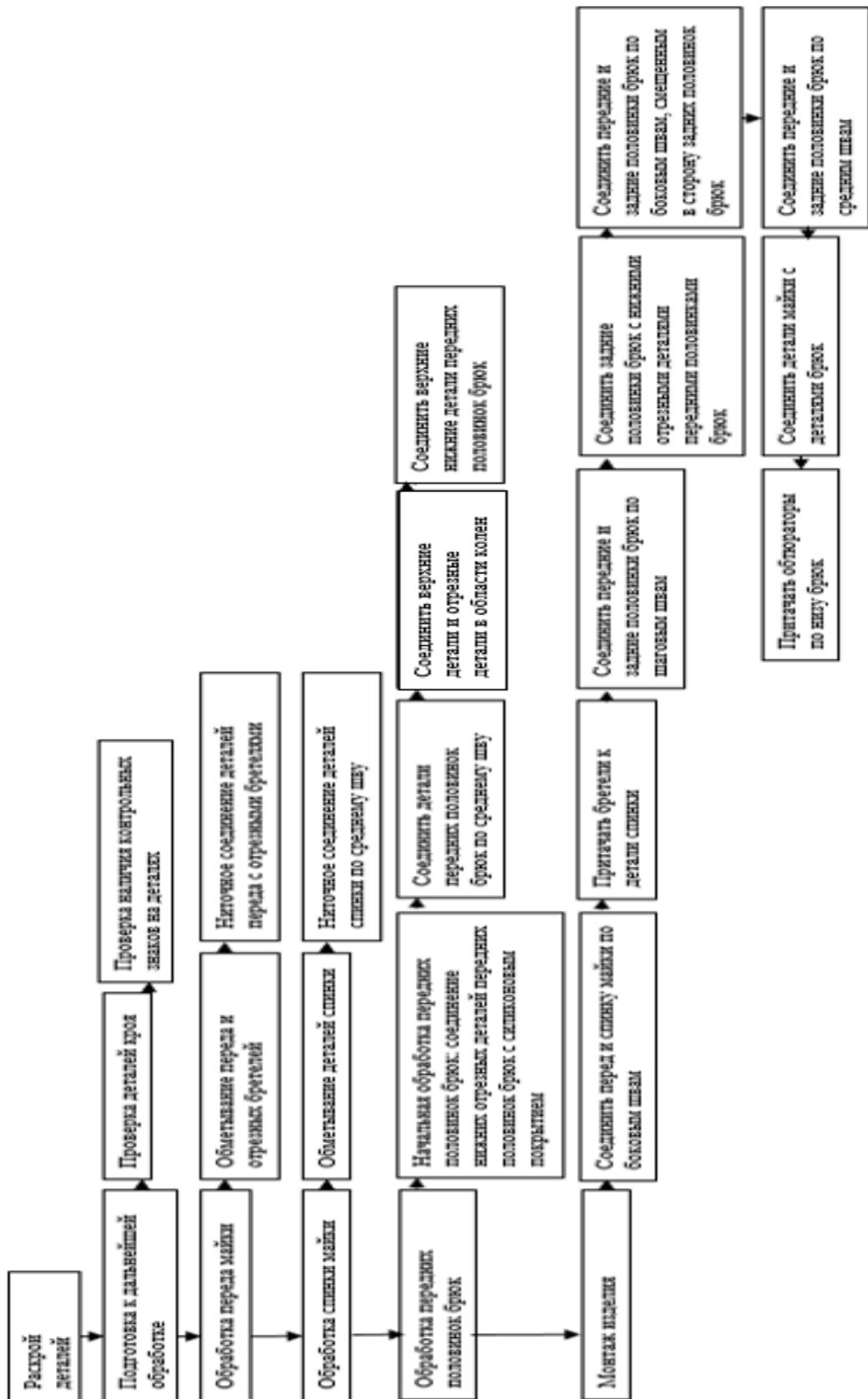


Рисунок С.2 – Схема технологической сборки полукомбинезона мужского термозащитного гидрокостюма для подводной сварки

ПРИЛОЖЕНИЕ Т

(обязательное)

Патентные исследования структуры и способов получения герметичных ниточных швов

Таблица Т.1 – Сравнительные характеристики современных запатентованных
решений получения герметичных ниточных швов

Патент	Подраздел ения/испол нители	Классифи кационные рубрики	Достоинства	Недостатки для применения в гидроодежде подводного сварщика
1	2	3	4	5
№ RU9847 ссылка Способ образования водонепрони цаемых ниточных соединений	Е.П. Покровская О.В. Метелёва В.В. Веселов Л.И. Бондаренко	МПК D 05 B 1/26	Непрерывная подача раствора герметизирующего на ниточную строчку состава параллельно с образованием ниточной строчки.	Применимость только в изделиях из текстильных материалов, что ограничивает применение этого способа при изготовлении изделий из монокомпонентных материалов с поликомпонентным покрытием
№ SU №531902 ссылка Устройство швейной машины для изготовлени я герметичны х швов на изделии	В. И. Сахарова Б.И. Хохлов Ю.А. Мазов А.Д. Кашкин	МПК D05B1/26	Соединение деталей-с подгибом его слоев внутри, в процессе стежкообразования ведут подачу клеящей жидкости во внутреннее пространство шва, по мере продувания шва жидкость разгоняется с проникновением в поры шва и отверстия от проколов материала иглами, а затем на проклеенный шов воздействуют струей горячего воздуха	Повышение жесткости по причине образуемой толщины шва, а также сложность технологического процесса

Продолжение таблицы Т.1

1	2	3	4	5
US № 7005021 Безниточный клеевой способ формирования шва ссылка	Paul Frederick Kramer	МПК A41D 27/24, B29C 65/00	Обработка предметов одежды, соединяя края двух полотен ткани, имеющих различные лицевую и изнаночную поверхности, за счет расположения двух полос клеевой ленты, также имеющей различающиеся лицевую и изнаночные стороны. Формирование клевого соединения осуществляется за счет применения ультрафиолетовой сварки	Сложность технологического процесса, а также недостаточная прочность сцепления пленки и материала (слои с постоянной липкостью формируют низкомолекулярные полимеры, характеризующиеся невысокой когезионной прочностью), что ограничивает стойкость соединения пленка-материал к различного рода механическим воздействиям
№ DE 3209054 Способ получения водонепроницаемых ниточных соединений ссылка	Hinterseer Heinz; Kiefel Hochfrequenz Paul	МПК D 05 B 1/26, D 05 B 17/00	Соединение, при котором между полотнами из материала с водоотталкивающей пропиткой вставляется лента из того же материала. Края полотен и ленты выравниваются и прошиваются. Затем в полость внутри ленты и в стыки между лентой и полотном подается клейкая масса. После этого область шва подвергается горячему прессованию с двух сторон двумя пуансонами.	Повышение жесткости образуемого шва при использовании специальной ленты из основного материала, а также высокая трудоемкость в изготовлении

Продолжение таблицы Т.1

1	2	3	4	5
№ RU 2211264 Способ получения водонепрони- цаемых ниточных соединений ссылка	Е.П. Покровская О.В. Метелёва В.В. Веселов Л.И. Бондаренко	МПК D05B 1/26	Подача в зону соединения слоев материала герметизирующей клеевой пленки, их стачивании, для повышения герметичности швов на поверхность ниточной строчки в процессе шитья наносит водную дисперсию акриловых сополимеров	Необходимость дополнительного нанесения водной дисперсии, что придает швам, образованным по этому способу, высокую жесткость и толщину
№ RU 2560057 Способ получения герметичны х швов швейных изделий ссылка	Е.В.Кумпан, С.Н.Степин, Э.А. Хамматова, Е.И. Мекешкина- Абдуллина	МПК D05B 1/26	Получение герметичных швов швейных изделий, включающим нанесение при стачивании слоев материала на поверхность ниточного шва водной полимерной дисперсии с припуском по обе стороны	Сложность технологического процесса и отсутствие дополнительной герметизации отверстий от проколов иглой при соединении деталей ниточным способом
№ EU 0327291 Улучшения, связанные с водонепрон ицаемыми швами ссылка	Evans, William, Edward	МПК 41 D 27/24, B29C 65/50	Между слоями материалов расположены герметизирующая лента и/или клей. Стачаные срезы подвергают последующему нагреву и/или сжатию частично отверстий от прокола иглы лентой и/или клеем	Применения соединения встык без дополнительной обработки срезов, что ведет к снижению прочности шва, устойчивости к разного рода механическим воздействиям; отсутствие дополнительной герметизации отверстий от проколов иглой при соединении деталей ниточным способ

Окончание таблицы Т.1

1	2	3	4	5
<p>№ DE 3621743 A1</p> <p>Способ и аппарат для сшивания двух листовидных конструкций и для нанесения облицовочной ленты</p> <p>ссылка</p>	<p>Antonius Zoepfl</p>	<p>D05B1/26</p>	<p>Соединение деталей изделия ниточным швом, а также последующем наклеивании на соединяемые материалы герметизирующей ленты. Данный способ предусматривает перед подачей герметизирующей ленты в зону соединения нанесение клея на ее поверхность со стороны контакта с материалом и осуществление термосклеивания герметизирующей ленты с областью шва при нагреве</p>	<p>Необходимость использования вспомогательных клеевых веществ, кроме герметизирующей ленты, что придает швам, образованным по этому способу, высокую жесткость</p>
<p>№ SU1757595 A1</p> <p>Способ соединения полотен</p> <p>ссылка</p>	<p>Е.Б. Красносельская</p> <p>Г.Н. Тюлякова</p>	<p>МПК А41Н43/04</p>	<p>Краевые кромки предварительно обрабатываются путем наклонного среза с отделением срезаемых частей. Далее между срезанными соединяемыми поверхностями деталей располагают соединительную прокладку из полимерной пленки. После этого соединяемые кромки и поверхности накладывают друг на друга и сшивают ниточным швом.</p>	<p>Способ образования шва не обеспечивает герметизацию проколов, образовавшихся в результате стачивания деталей, соответственно не обеспечивает устойчивость к механическим повреждениям и к воздействиям низких температур</p>

ПРИЛОЖЕНИЕ У

(обязательное)

**Патент на изобретение «Способ герметичного соединения деталей из
монокомпонентных материалов с поликомпонентным покрытием»**

(RU 2791020)



ПРИЛОЖЕНИЕ Ф

(обязательное)

Технологическая характеристика рекомендуемого оборудования для производства термозащитной одежды из поликомпонентных материалов

Таблица Ф.1 - Технологическая характеристика рекомендуемого оборудования для производства термозащитной одежды из поликомпонентных материалов

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Назначение оборудования	Вид обрабатываемых материалов	Класс, тип, марка оборудования	Тип стежка	Напряжение, Ф/В/Гц	Скорость подачи, м/мин	Максимальное количество об/мин	Температура нагрева, °С	Максимальная длина стежка, мм	Расстояние между штами, мм	Исполнительный орган перемещения материала	Возможность выполнения закрепок	Дополнительные данные
Стачивание, пригачивание, втачивание	Средние/тяжелые	Juki MF-7900D-H24 / UT (Япония) ссылка	Цепной	-	-	5000	-	0,9-3,6	4,0, 4,8, 5,6, 6,4	Реечный транспортёр	-	Автоматическая смазка
Стачивание, пригачивание, втачивание	Средние/тяжелые	Shing Ling SL-7B-400(Китай) ссылка	Цепной	-	-	3000	-	0,8 – 2,5	7,0	Ленточный транспортёр	-	

Продолжение таблицы Ф.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Бесшовное соединение путем сваривания материалов	Средние/тяжелые	Juki LHP-PP1 (Япония) ссылка	-	1 / 200 220 50/60	0,5	-	1900 - 2800	-	-	2 шаговых двигателя	-	-
Обметывание срезов	Тяжелые	Juki MO-6800D (Япония) ссылка	Цепной	-	-	7000	-	0,6-3,8	5,0	Дифференциал	-	Нож для резки
Обметывание петель	Средние материалы	Juki LBN-1790AN (Япония) ссылка	Челночный	-	-	4200	-	-	-	Специальный	-	-
Пришивающие пуговицы	Средние	JUKI LK-1903B(Япония) ссылка	Цепной	-	-	2700	-	0,1-10,0	-	-	-	-

ПРИЛОЖЕНИЕ X

(обязательное)

Современные методы принятия решений о запуске в производство швейной продукции с патентной новизной

Таблица X.1 – Стандартные способы формального принятия решений о запуске продукции с патентной новизной в производство

Наименование стандарта	Характеристика	Недостатки
1	2	3
ГОСТ Р 15.301-2016 «Система разработки и постановки продукции на производство (СРПП). Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство» ссылка	Устанавливает порядок разработки и постановки на производство продукции производственно-технического назначения, в том числе правила разработки технического задания, конструкторской и технологической документации, приемки результатов разработки, подготовки и освоения производства, проведения испытаний опытных образцов продукции и продукции, изготовленной при освоении производства, а также правила подтверждения их соответствия обязательным требованиям	Стандарт не дает рекомендаций, возможных сценариев перспективного развития производства, не выявляет уровень возникаемых рисков
ГОСТ Р 15.011-96 «Система разработки и постановки продукции на производство. Патентные исследования. Содержание и порядок проведения» ссылка	Устанавливает единые требования к организации, проведению, оформлению и использованию результатов патентных исследований и применяется во всех отраслях народного хозяйства	Стандарт не показывает возможных сценариев перспективного развития производства, не выявляет уровень возникаемых рисков при внедрении продукции, имеющей патентную новизну
ГОСТ Р 15.000-2016 «Система разработки и постановки продукции на производство. Основные положения»	Устанавливает назначение, цель и задачи системы разработки и постановки продукции на производство (СРПП) в части продукции производственно-технического назначения (далее – продукция),	Стандарт не дает рекомендаций, возможных сценариев перспективного развития производства, не выявляет уровень возникаемых рисков

Продолжение таблицы Х.1

1	2	3
ГОСТ Р 56261-2014 Инновационный менеджмент. Инновации. Основные положения ссылка	устанавливает общую характеристику инноваций и позволяет организациям ориентироваться и скоординировать их работу по представлению, разработке и сопровождению методической инфраструктуры систем инновационного менеджмента (IMS).	Стандарт не показывает возможных сценариев перспективного развития производства, не выявляет уровень возникаемых рисков при внедрении продукции, имеющей патентную новизну
ГОСТ Р 56273.1-2014 /BS PD CEN/TS 16555-1:2013 Инновационный менеджмент. Часть 1. Система инновационного менеджмента ссылка	определяет общие руководящие указания по созданию и сопровождению системы инновационного менеджмента (IMS). Настоящий стандарт можно использовать во всех организациях государственного и частного секторов вне зависимости от сферы их деятельности, типа или размера	Стандарт не показывает возможных сценариев перспективного развития производства, не выявляет уровень возникаемых рисков при внедрении продукции, имеющей патентную новизну. Данная система не учитывает специфику предприятия
ГОСТ Р ИСО 31000-2010 Менеджмент риска. Принципы и руководство ссылка	устанавливает принципы и общее руководство по риск- менеджменту	Стандарт не показывает возможных сценариев перспективного развития производства
ГОСТ 15.012-84 «Система разработки и постановки продукции на производство Патентный формуляр (с Поправкой)» ссылка	Устанавливает единые требования к организации, проведению, оформлению и использованию результатов патентных исследований и применяется во всех отраслях народного хозяйства	Стандарт не показывает возможных сценариев перспективного развития производства, не выявляет уровень возникаемых рисков при внедрении продукции, имеющей патентную новизну

Продолжение таблицы Х.1

1	2	3
<p>ГОСТ Р ИСО 10014 «Менеджмент организации. Руководящие указания по достижению экономического эффекта в системе менеджмента качества» ссылка</p>	<p>Устанавливает руководящие указания для достижения экономического эффекта от применения восьми принципов менеджмента качества. В настоящем стандарте такие принципы названы "принципами менеджмента". Целью стандарта является предоставление высшему руководству информации, необходимой для эффективного применения принципов менеджмента и выбора методов и инструментов для обеспечения успешной деятельности организации. При самооценке применяют GAP анализ и назначают приоритеты</p>	<p>Стандарт не показывает возможных сценариев перспективного развития производства</p>
<p>ГОСТ Р 53791 «Ресурсосбережение. Стадии жизненного цикла изделий производственно-технического назначения. Общие положения» ссылка</p>	<p>Устраняет существующие противоречия, затрудняющие подготовку документации на ликвидацию продукции производственно-технического назначения, превращающейся по истечении срока службы в отходы.</p>	<p>Стандарт не показывает возможных сценариев перспективного развития производства, не выявляет уровень возникаемых рисков при внедрении продукции</p>
<p>ИСО 9000:2000 "Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь" ссылка</p>	<p>Целью стандарта является предоставление высшему руководству информации, необходимой для эффективного применения принципов менеджмента и выбора методов и инструментов для обеспечения успешной деятельности организации. При самооценке применяют GAP анализ и назначают приоритеты</p>	<p>Стандарт не показывает возможных сценариев перспективного развития производства</p>

Окончание таблицы Х.1

1	2	3
Computer-aided process planning (CAPP) ссылка	Автоматизированное технологическая подготовка производства. Используется для обозначения программных инструментов, применяемых на стыке систем автоматизированного проектирования и производства. Задача технологической подготовки – по заданной САД-модели изделия составить план его производства, называемый операционной или маршрутной картой	Стандарт не учитывает всех возможных вариантов развития производства, не характеризует риски при постановке новой продукции
Enterprise Application Suite (EAS) ссылка	Единая интегрированная система для всех бизнес-процессов компании (как для внутренних, так и для внешних). Концепция EAS подразумевала набор приложений по концепции «все для всех»	Данная система не учитывает специфику предприятия, не указывает вариативных способов развития
MRP II (Manufacturing Resource Planning – Планирование производственных ресурсов) ссылка	Методология, направленная на широкий охват ресурсов предприятия. В системе MRP II производится планирование не только в материальном, но и в денежном выражении	Стандарт не учитывает всех возможных вариантов развития производства, не характеризует риски при постановке новой продукции
Системы бизнес-планирования ERP (Enterprise Requirements Planning)	Позволяют наиболее эффективно планировать всю коммерческую деятельность современного предприятия, в том числе финансовые затраты на проекты обновления оборудования и инвестиции в производство новой линейки изделий	Стандарт не показывает возможных сценариев перспективного развития производства, не выявляет уровень возникающих рисков при внедрении продукции

Таблица X.2– Методы оценки эффективности разработки и производства нового продукта для швейной промышленности

Методы оценки эффективности разработки нового продукта	Характеристика метода	Основные переменные
1	2	3
Применяемые в швейном производстве		
Экспертная оценка ссылка	Метод поиска и результат применения метода, полученный на основании использования персонального мнения эксперта или коллективного мнения группы экспертов	Лингвистические переменные
Ожидаемая норма прибыли ссылка	Прогнозируемая процентная рентабельность инвестиции, рассчитанная на основе взвешенной вероятности всех возможных значений рентабельности	Ожидаемая норма прибыли, вероятность появления нормы, норма прибыли при уровне
Финансовое состояние предприятия	Это комплексное понятие, характеризующееся системой абсолютных и относительных показателей, отражающих наличие, размещение, использование финансовых ресурсов предприятия и в совокупности определяющих устойчивость экономического положения предприятия и надежность его как делового партнера	Показатели платежеспособности и ликвидности предприятия; показатели финансовой устойчивости; показатели рентабельности; показатели деловой активности предприятия
Экспериментальные / возможные к применению		
Вероятностный подход	Возможные события имеют различные вероятности реализации. В этом случае, зная вероятность (р) событий, можно определить количество информации (i) в сообщении о каждом из них	Количество возможных событий; i – вероятность i-го события
Метод Монте-Карло	Назначение ? Процесс моделируется при помощи генератора случайных величин	Случайные величины, итерации
Анализ сценариев	Процесс разработки описательных моделей развития событий (для...)	Количество ситуаций (сценариев)

Окончание таблицы X.2

1	2	3
Имитационный метод	Построение имитационной модели реализации инвестиционного проекта. Эта модель служит для нахождения закона распределения вероятностей ожидаемого эффекта и его статистических характеристик (математического ожидания, среднеквадратичного отклонения и др.)	Случайные величины, итерации
Метод использования аналогов	Заключается в отыскании и использовании сходства, подобия явлений, предметов, систем, то есть новые идеи и предложения возникают на основе сопоставления с другими, более или менее аналогичными объектами	Базы данных
Метод интегральных показателей высоких порядков	Замена сложных многопоказательных и многокритериальных математических моделей линейной моделью, которая благодаря своей простоте позволяла бы ориентироваться во множестве решений и быстро получать хорошие результаты, несмотря на ограниченную адекватность модели реальным объектам	Интегральный показатель финансовой устойчивости; вес отдельного показателя; балл в зависимости от изменения отдельного показателя
Предлагаемый метод / ранее не использованный в управлении планом производства инновационных швейных изделий		
Метод теории игр	Решение конфликтов между игроками и оптимальность их стратегий. Пересекаясь, стратегии нескольких игроков создают определенную ситуацию, в которой каждый игрок получает определенный результат, называемый выигрышем, положительным или отрицательным	Числовые параметры

ПРИЛОЖЕНИЕ Ц

(обязательное)

Теория игр как основа метода управления инновациями в швейном производстве

Таблица Ц.1 – Применение теории игр в науке и практике

Сферы применения	Решаемые задачи	Пример решаемых задач
Военное дело	Задачи военного дела, решение стратегические задачи в конфликтных ситуациях	стратегические решения политических действий
Управление	Решения принципиальной ценовой политики, вступления на новые рынки, кооперации и создания совместных предприятий, определения лидеров и исполнителей в области инноваций, достижение ситуации «выигрыш/выигрыш»	Решение конфликтной ситуации между компаниями IBM и Telex (проведенный анализ на базе теории игр показал, что угрозы IBM из-за высоких затрат безосновательны)
Биология	Изучение эволюции правил природы	Эволюция правил, дающих полезный результат (Экологическая стратегия города Москвы на период до 2030 года)
Компьютерные технологии	Анализ аукционов, изучение работы компьютеров, коопераций между ними	Координация серверов и сетей
Игры	Стратегические задачи в конфликтных ситуациях	Шахматы
Медицина	Поиск подходящей пары донора	В 2003 году, в США пересаживали всего 19 донорских почек в год. К 2011-му дорос до 443 трансплантаций, приводит данные Reuters
Экономика	Максимизация величины прибыли от реализации продукции	Создание поведенческой экономики (например: Cartwright, 2014)

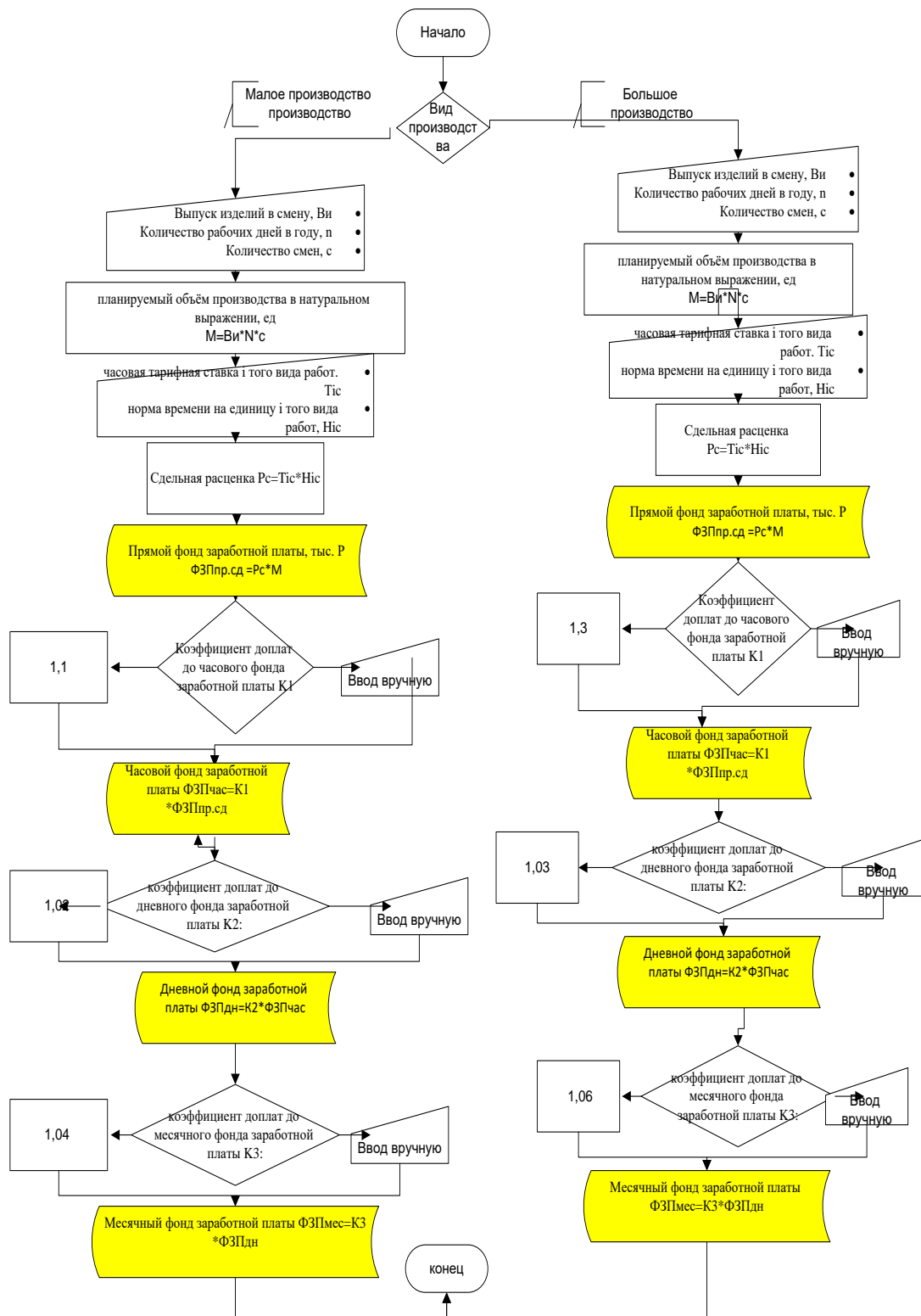


Рисунок Ц.1 – Алгоритм логической реализации производственной программы инновационного швейного производства в натуральном измерении (цветом выделены итоговые пункты этапа)

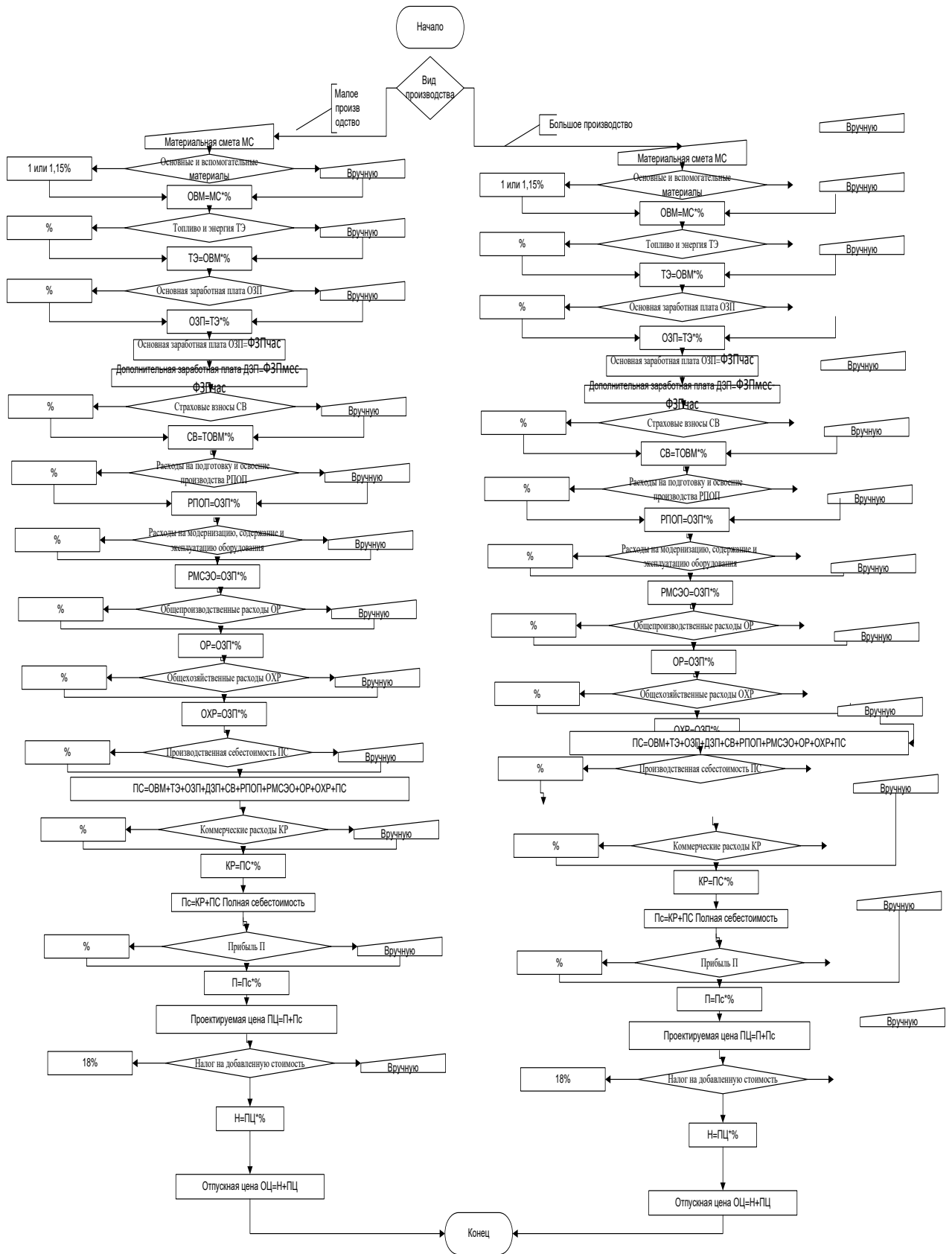


Рисунок Ц.2 – Алгоритм расчета плановой калькуляции на пошив инновационного изделия – гидроодежды

Таблица Ц.3 – Типы инноваций для реализации алгоритма управления инновационным швейным производством [300–321]

Тип инновации	Цель	Определение
Продуктовая	Предоставление новых потребительских свойств продукции (функциональных, эксплуатационных и т.д.)	Введение в употребление (внедрение) новых или значительно улучшенных по своим свойствам или способам использования товаров или услуг. Учитываются значительные усовершенствования технических характеристик, компонентов и материалов, встроенного программного обеспечения, удобства использования и другие функциональные характеристики
Процессная	Снижение себестоимости или затрат по доставке продукции, повышение ее качества, производство и доставка новых или значительно улучшенных продуктов	Внедрение нового или значительно улучшенного способа производства или доставки продукта (включая значительные изменения в технологии, производственном оборудовании и(или) программном обеспечении)
Маркетинговая	Лучшее удовлетворение нужд потребителя, открытие новых рынков или завоевание новых позиций на рынке с целью увеличения объема продаж	Внедрение нового метода маркетинга, включая значительные изменения в дизайне или упаковке продукта, его размещении, продвижении на рынок или в назначении цены
Организационная	Повышение эффективности предприятия посредством сокращения административных расходов или оперативных затрат, повышения удовлетворенности служащих состоянием своих рабочих мест или уменьшения затрат на снабжение	Внедрение нового организационного метода в деловой практике предприятия, в организации рабочих мест или внешних связей

Таблица Ц.4 – Принцип решения матричной игры

Обозначение / условие	Характеристики / рекомендации
1) P(A.B.C):	<ul style="list-style-type: none"> • A – крупное • B – малое • C – патент
2) Q(a.b)	<ul style="list-style-type: none"> • A – благоприятный исход • B – неблагоприятный исход
Основной алгоритм рассматриваемых данных:	
Цена рыночная < отпускная цена	производство не рекомендуется
Цена рыночная >= отпускная цена	<ul style="list-style-type: none"> • Если $a \geq b$, $A > B > C$ (100% мощностей предприятия следует направить на производство инновационной продукции на основе изготовления крупных партий) • Если $a \geq b$, $A < B$ или $A = B$ (100% мощностей предприятия следует направить на производство инновационной продукции на основе изготовления мелких партий) • Если $a \geq b$, $C > B > A$ (100% мощностей в производстве традиционных изделий, а ожидаемую прибыль от производства инновационных изделий обеспечить путем продажи лицензии на патент) • Если $a \geq b$, $C = B = A$ (32% мощностей предприятия следует направить на изготовление инновационного изделия крупными партиями, 24% – мелкими сериями, и 44% оставить занятым в производстве традиционных изделий, а ожидаемую прибыль от производства инновационных изделий обеспечить путем продажи лицензии на патент) • Если $a \geq b$, $C = B > A$ (100% мощностей предприятия следует направить на производство инновационной продукции на основе изготовления мелких партий) • Если $a \geq b$, $C = A > B$ (100% мощностей в производстве традиционных изделий, а ожидаемую прибыль от производства инновационных изделий обеспечить путем продажи лицензии на патент) • Если $a \geq b$, $C = A < B$ (100% мощностей предприятия следует направить на производство инновационной продукции на основе изготовления мелких партий) • Если $a \geq b$, $C = B < A$ (100% мощностей предприятия следует направить на производство инновационной продукции на основе изготовления крупных партий) • Если $a \leq b$, $A > B$ или $A = B$ (45% – мелкими сериями, и 55% оставить занятым в производстве традиционных изделий, а ожидаемую прибыль от производства инновационных изделий обеспечить путем продажи лицензии на патент) • Если $a \leq b$, то $A < B$ (20% мощностей предприятия следует направить на изготовление инновационного изделия крупными партиями, 20% – мелкими сериями, и 60 % быть от производства инновационных изделий обеспечить путем продажи лицензии на патент).

ПРИЛОЖЕНИЕ Ч

(обязательное)

**Свидетельство на программу для ЭВМ «Программа автоматизированного
управления планом производства инновационных швейных изделий»
(RU 2019665913)**

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО
о государственной регистрации программы для ЭВМ
№ 2019665913

**Программа автоматизированного управления планом
производства инновационных швейных изделий**

Правообладатель: *федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования «Донской
государственный технический университет» (ДГТУ) (RU)*

Авторы: *Коринтели Анна Михайловна (RU),
Черунова Ирина Викторовна (RU)*

Заявка № **2019664917**
Дата поступления **21 ноября 2019 г.**
Дата государственной регистрации
в Реестре программ для ЭВМ **03 декабря 2019 г.**



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Цыганок Г.П. Цыганок

ПРИЛОЖЕНИЕ Ш

(обязательное)

Оценка и промышленная апробация результатов диссертационной работы**(Акты внедрения)**

ООО «Фабрика Акватим»

Юридический адрес: 344064, г. Ростов-на-Дону, пер. Радиаторный 7 Е
Фактический адрес: 344064, г. Ростов-на-Дону, пер. Радиаторный 7 Е
ИНН 6165225977 КПП 616501001 ОГРН 1206100024063 ОКПО 44794449
<https://aquateam.shop/> тел. 8(918)5368728, larisa@aquateam.shop

№0103 от 10.03.2023г

УТВЕРЖДАЮ
ДИРЕКТОР ООО «ФАБРИКА АКВАТИМ»
БУЗНЯКОВА Л.Ю.



АКТ
о внедрении результатов диссертационного исследования на соискание
ученой степени кандидата технических наук
автора Коринтели Анны Михайловны
по тематике исследования и разработки процессов проектирования защитной одежды для
подводной сварки

Результаты диссертационного исследования Коринтели А.М., направленного на исследование и разработка процессов проектирования защитной одежды для подводной сварки, обладают актуальностью, представляют практический интерес, были изучены и использованы в период с 01.01.2022 по 01.02.2023 при разработке и производстве гидроодежды специального назначения.

Объектами внедрения стали:

- новый термостойкий комбинированный материал для полизональной оболочки защитного гидрокостюма, ориентированного для применения в условиях подводной сварки и других подводных термических рисков;
- рекомендации по технологии обработки швов для применения нового материала при производстве гидрокостюмов.

Особенности разработки: поликомпонентный материал позволяет объединить свойства основного вспененного материала на резиновой основе со свойствами термостойкого силикона, достигнув при этом уникального рельефа поверхности за счет авторской технологии ее получения; такой материал снижает площадь контакта одежды с опасными горячими частицами в воде и успешно сохраняет целостность одежды и кожи человека.

Рисунок Ш.1 – Акт внедрения в ООО «Фабрика АКВАТИМ»,

г.Ростов-на-Дону (лист 1)

Результат применения:

- для предприятия: расширены технологии производства гидроодежды, что позволяет расширять круг потребителей и повышать качество продукции;
- для потребителей: в сфере спецодежды для подводных сварщиков альтернатив предложенным решениям до настоящего времени не было, что дает инструменты для повышения безопасности подводного труда и сохранения гидроодежды на более длительных срок эксплуатации.

Предложенные автором Коринтели А.М. разработки диссертационного исследования будут применяться в дальнейшем периоде производства гидроодежды для подводных работ.

Председатель комиссии:

Директор _____ Бузнякова Л.Ю.
подпись

Члены комиссии:

Инженер-конструктор _____ Клищенко Н.С.
подпись

Технолог _____ Первухина И.С.
подпись



ИП ЯРМЫШ НАТАЛЬЯ ВАСИЛЬЕВНА
Г РОСТОВ-НА-ДОНУ, УЛ. ЗОРГЕ, 33/5, КВ.80
ИНН 616842657009
ОГРНИП 319619600093723
Р/С 40802810926000004355
В ФИЛИАЛ «РОСТОВСКИЙ» АО «АЛЬФА-БАНК»
БИК 046015207
К/С 30101810500000000207
<https://aquadiscovery.ru/>

«24» апреля 2023г.

УТВЕРЖДАЮ

ДИРЕКТОР_ЯРМЫШ Н.В.

Севд
 (подпись)

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

В ШВЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

результатов диссертационной работы на соискание
 ученой степени кандидата технических наук

КОРИНТЕЛИ АННЫ МИХАЙЛОВНЫ,

направленной на ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКУ ПРОЦЕССОВ
 ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ ДЛЯ ПОДВОДНОЙ СВАРКИ
 (научный руководитель докт. техн. наук., профессор Черунова И.В.)

Комиссия в составе:

Директор_Ярмыш Н.В. (председатель)

Главный технолог_Чернуосова Т.В.

Конструктор_Тухиян Ш.Г.

подтверждает, что результаты диссертационных исследований Коринтели А.М. были использованы при разработке и производстве швейных изделий на предприятии ИП «Ярмыш Н.В.» путем внедрения новых методов проектирования термозащитной одежды для подводных специалистов, предложенных и сформулированных автором.

Разработанные в диссертации рекомендации по конструктивному решению гидрокостюма специального назначения, обладающего повышенной зональной устойчивостью к опасным термическим воздействиям подводных технологических процессов, были использованы в процессах промышленного проектирования

Рисунок Ш.3 – Акт внедрения в ИП Ярмыш Н.В. «AQUADISCOVERY»,

г.Ростов – на=Дону (лист 1)

гидроодежды, что позволило повысить качество производимой продукции для подводной эксплуатации, а также расширить ее ассортимент.

Председатель комиссии:

Члены комиссии:



Ярмыш Н.В.

Черноусова Т.В.

Тухикян Ш.Г.

Рисунок Ш.4 – Акт внедрения в ИП Ярмыш Н.В. «AQUADISCOVERY»,

г.Ростов-на-Дону (лист 2)

УТВЕРЖДАЮ

Директор ООО «ДОНПОДВОДСТРОЙМОНТАЖ»
Грицыхин Владимир Александрович

 (подпись)

МП




АКТ ВНЕДРЕНИЯ
результатов диссертационной работы
(на соискание ученой степени кандидата технических наук)
Коринтели Анны Михайловны
(научный руководитель д.т.н., профессор Черунова И.В.),
посвященной исследованию и разработке процессов проектирования
термозащитной одежды для подводной сварки

1. Объект исследования – термозащитный гидрокостюм для подводной сварки.
2. Предмет исследования – материалы и элементы технологии проектирования и производства термозащитной одежды для подводных сварщиков.
3. Характеристики объекта внедрения – термозащитные детали и изделия специального подводного снаряжения (гидроодежды, СИЗ) из нового комплексного поликомпонентного эластичного материала с барьерной термической защитой от воздействий сварочного процесса под водой.
4. Период внедрения – с 10.10.2022 по настоящее время.
5. Результаты внедрения: устойчивость оболочки защитной гидроодежды к термическому воздействию частиц горячего металла в воде, что позволяет сохранять целостность и гидротеплозащитные свойства подводного снаряжения сварщиков.
6. Социальный эффект – разработанные термозащитные детали и изделия специального подводного снаряжения (гидроодежды, СИЗ) представляют собой новую категорию средств индивидуальной защиты от термического воздействия сварочного процесса под водой, что увеличивает срок эксплуатации изделий, их надежность, а также обеспечивает главный результат - защищенность и нормальное функционирование тела специалиста в условиях подводной сварки.


Директор
ООО «ДОНПОДВОДСТРОЙМОНТАЖ»
В.А. Грицыхин







ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ДОНПОДВОДСТРОЙМОНТАЖ»
ПОДВОДНО-СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНАЯ КОМПАНИЯ
ООО «Донподводстроймонтаж»
ИНН-КВ11 6162029773-616201001 ОГРН 1026103054911
344034, Ростовская область, город Ростов-на-Дону, Рабочий переулок, д.20
+7 (863) 224-15-74, +7 (928) 901-46-18, +7 (928) 102-84-71
Shelf-06@mail.ru
Сайт: <http://dpsmk.ru>

Рисунок Ш.5– Акт внедрения в ООО «ДОНПОДВОДСТРОЙМОНТАЖ»,
г.Ростов-на-Дону



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 ИНСТИТУТ СФЕРЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА (ФИЛИАЛ)
 ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
 УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
 ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» В Г. ШАХТЫ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ
 (ИСОиП (филиал) ДГТУ в г. Шахты)

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИСОиП (филиала) ДГТУ в г. Шахты

 С.Г. Страданченко

« 12 » мая 2023г

АКТ ВНЕДРЕНИЯ
 результатов диссертационной работы
 (на соискание ученой степени кандидата технических наук)
 Коринтели Анны Михайловны
 (научный руководитель д.т.н., профессор Черунова И.В.)

Результаты диссертационного исследования Коринтели Анны Михайловны, направленного на исследование и разработку процессов проектирования защитной одежды для подводной сварки, внедрены в учебный процесс кафедры «Конструирование, технологии и дизайн» Института сферы обслуживания и предпринимательства (филиала) Донского государственного технического университета в городе Шахты Ростовской области.

Характеристики объекта внедрения:

Компьютерная программа «Программа автоматизированного управления планом производства инновационных швейных изделий» (Свидетельство на программу для ЭВМ № 2019665913 от 03.12.2019), на базе которой внедрены к применению разработанные в диссертации рекомендации, получаемые путем автоматизированного выявления и далее распределения мощностей предприятия по производству инновационной продукции за счет специально созданной авторской методики и алгоритма, позволяет сократить вероятность возникновения неликвида, оценивать прибыль, снижать рыночные риски при внедрении принципиально новых изделий (с высоким уровнем инновационной составляющей) в швейное производство, то есть повышать эффективность планирования и постановки на производство наукоемких швейных изделий.

Рисунок Ш.6 – Акт внедрения в ИСОиП (филиал) ДГТУ в г.Шахты (лист 1)

Разработанная компьютерная программа включена в образовательный процесс и используется при выполнении практических / лабораторных работ по дисциплинам:

- «Конструкторско-технологическая подготовка технологических процессов» (направление подготовки 29.04.01 «Технология изделий легкой промышленности», образовательная программа «Технология швейных изделий».
- «Оптимизация технологических процессов» (направление подготовки 27.04.05 «Инноватика», образовательная программа «Технологии швейных изделий»).

Использование результатов научных исследований Коринтели А.М. позволяет расширить технологии и методическое обеспечение образовательного процесса ВУЗа при реализации перечисленных выше дисциплин, а также обеспечение процесса подготовки специалистов по направлениям подготовки 29.04.01 «Технология изделий легкой промышленности» и 27.04.05 «Инноватика» в целом.

Заведующий кафедрой
«Конструирование, технологии
и дизайн», к.т.н., доцент



С.В. Куренова

Председатель НМСН
По УГН 29.00.00 «Технологии легкой
промышленности», к.т.н., доцент



С.В. Куренова

Председатель НМСН
по УГН 27.00.00 «Инноватика»,
д.т.н., профессор



И.В. Черунова

Руководитель образовательной программы
«Технология швейных изделий»
по направлению подготовки
29.04.01 «Технология изделий
легкой промышленности», к.т.н., доцент



Н.С. Румянская

Руководитель образовательной программы
«Технологии швейных изделий»
по направлению подготовки
27.04.05 «Инноватика», д.т.н., профессор



И.В. Черунова