

В диссертационный совет Д 212.144.03  
при ФГБОУ ВПО «Московский  
государственный университет дизайна  
и технологии», 117997, г. Москва, ул.  
Садовническая, д. 33, стр. 1

## ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора кафедры Автоматика, заместителя генерального директора ООО «Профальянс» Жаворонкова Александра Ивановича на диссертацию Анисимова Александра Александровича «Разработка автоматической системы регулирования температуры водообогреваемой спецодежды глубоководных водолазов», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» (лёгкая промышленность).

Создание условий теплового комфорта организма водолаза является важнейшей составляющей в комплексе мер по обеспечению безопасности при работе человека под водой. Решение данной проблемы не теряет своей актуальности в связи с тем, что отечественные и зарубежные нефтегазовые предприятия всё чаще производят разработку месторождений на континентальном шельфе. Также водолазные погружения востребованы при ликвидации аварийных ситуаций и при выполнении ремонтных работ, в ВМФ и на предприятиях МЧС. Следовательно, совершенствование методов проектирования и способов реализации водолазной обогреваемой спецодежды и автоматической системы регулирования температуры водолазного спецснаряжения является важной задачей. Поэтому не вызывает сомнения актуальность постановки темы исследования для диссертационной работы Анисимова А.А.

Заявленной целью диссертационной работы Анисимова Александра Александровича является совершенствование методов проектирования автоматической системы регулирования температуры водообогреваемой спецодежды водолазов с помощью развития и создания экспериментальных и теоретических моделей, как отдельных элементов, так и системы в целом, с использованием современных микроконтроллеров, ЭВМ и новых достижений в области теоретических и практических исследований АСР.

**Научная новизна** диссертационной работы состоит в получении данных о распределении температуры в водолазной одежде при использовании различных типов нагревательных элементов с помощью построения и анализа графиков температурных полей, повышении КПД АСР температуры водообогреваемой спецодежды с помощью расчётов робастной устойчивости, и анализ работы АСР температуры обогреваемой спецодежды при использовании регуляторов с современными многофункциональными микроконтроллерами.

**Практическая значимость** работы, сформулированная автором, заключается в следующем:

- Автором, с помощью современных компьютерных технологий, получена более точная и наглядная картина распределения температуры в слоях спецодежды водолазов, а система уравнений, полученная с помощью метода конечных разностей и реализованная на ЭВМ позволяет найти значения температуры для различных внешних условий;
- Расчёты по созданию робастно-устойчивой АСР температуры водообогреваемой спецодежды водолазов, проведённые автором, позволили создать АСР температуры спецодежды, устойчивую в условиях неблагоприятных внешних факторов и, как следствие, повысить ее надёжность и КПД.
- Анализ работы АСР температуры обогреваемой спецодежды с микроконтроллером AVR позволяет сделать вывод о целесообразности использования современных МК для разработки компактных регуляторов.

В ходе работы автором разработаны модели для проведения лабораторных испытаний, получены хорошие экспериментальные результаты.

**Структура работы.** Диссертация Анисимова А.А. изложена на 145 страницах, содержит 9 таблиц и 74 рисунка. Структура диссертации носит традиционный характер и состоит из введения, пяти глав, выводов, списка использованной литературы, включающей 71 наименование, и 6 приложений.

Во введении обоснована актуальность работы по данной тематике.

В главе 1 представлена информация о существующих типах водолазного снаряжения в общем, и водообогреваемых гидрокомбинезонов в частности.

Глава 2 содержит исследования температурных полей для различных условий, рассмотренных автором (гелиевая или воздушная дыхательные смеси, используемый тип утеплителя, используемый тип нагревательного элемента, повышение влажности в слоях спецодежды). Для определения значений температуры в слоях обогреваемой спецодежды используется метод конечных разностей. Автор рассматривает расположение нагревательных элементов на поверхности слоя нательного белья, что позволяет повысить КПД обогрева тела человека. Также в данной главе производится расчёт требуемой мощности нагревательных элементов при использовании вспененного полиэтилена в качестве утеплителя спецодежды.

Глава 3 содержит экспериментальные исследования распределения температуры в слоях обогреваемой спецодежды водолазов. Автор использует метод электротепловой аналогии для создания экспериментальной и компьютерной моделей пакета спецодежды. Полученные результаты позволяют сделать вывод о распределении температуры в слоях спецодежды водолаза и являются подтверждением результатов, полученных в главе 2 с помощью расчётов.

В главе 4 приводятся расчёты по созданию устойчивой АСР температуры водообогреваемой спецодежды водолазов при использовании трубчатого и резинового нагревательных элементов. Автор формулирует

понятие «робастной устойчивости», представляет подробную информацию о теореме и полиномах Харитонова, используемых в дальнейшем для расчётов робастно устойчивой автоматической системы регулирования температуры водообогреваемой спецодежды водолазов при использовании трубчатого нагревательного элемента. Полученные результаты позволили создать модель АСР температуры обогреваемой спецодежды водолазов устойчивой для случая, когда погружения происходят с течением некоторого времени с меньшей на бóльшую глубину, и с учётом возможных погрешностей при расчётах и измерениях.

Глава 5 посвящена компьютерному и лабораторному исследованию работы АСР температуры обогреваемой спецодежды. Автор создал модели пакета спецодежды водолаза и её АСР температуры. Диссертант произвёл построение и анализ динамической характеристики нагревательного элемента, провёл аппроксимацию полученных результатов и осуществил компьютерное моделирование работы АСР температуры обогреваемой спецодежды с двухпозиционным релейным, П- и ПИ-регуляторами. После компьютерного моделирования приведены результаты лабораторных экспериментов с релейными регуляторами: МИНИТЕРМ-400 и МР707R. Второй регулятор работает на микроконтроллере AVR ATtiny45. Автор сравнивает полученные переходные характеристики для экспериментов с указанными регуляторами, проводит сравнение результатов, полученных с помощью компьютерного моделирования и лабораторных испытаний, а также сравнение в ходе экспериментов полученных значений температуры на поверхности человеческого тела с результатами, полученными с помощью расчётов по методу конечных разностей.

Наиболее важными результатами диссертации можно считать следующие

1. Автор предложил методику расчета температурных полей в обогреваемом водолазном снаряжении. В результате появилась возможность

оценить на стадии проектирования комфортность обогреваемого водолазного снаряжения при работе водолаза на различных глубинах и разных газовых средах подкостюмного пространства.

2. Рассмотрены современные теплозащитные материалы, которые потенциально могут быть использованы или используются в водолазных снаряжениях в качестве утепляющих. Обоснован выбор базового утеплительного материала – вспененного полиэтилена. Выполнены его исследования.

3. Разработана математическая модель АСР температуры объекта, которая остается устойчивой при неблагоприятных условиях, рассмотренных Диссертантом.

4. Проведено сравнение результатов работы регуляторов МИНИТЕРМ-400 и MP707R, что позволило сделать вывод о целесообразности разработки компактных регуляторов АСР температуры обогреваемой спецодежды с МК. Регуляторы с МК, как показали исследования, не уступают в качестве работы промышленным регуляторам, и при этом обладают меньшими размерами, что является заметным преимуществом.

По работе имеются следующие замечания:

1. Из обзора (глава 1) не понятно, почему необходимо разрабатывать АСР температуры водообогреваемой спецодежды глубоководных водолазов. В обзоре речь идет о существующих видах водолазного снаряжения и ничего о АСР температуры. Отсутствует четкая постановка задачи.

2. В качестве пояснения ко всем графикам температурных полей следовало бы указывать, что откладывается по осям абсцисс и ординат.

3. В названии работы используется термин «глубоководные водолазы», хотя, стоит отметить, что обогрев может производиться не только глубоководных водолазов, но и водолазов, погружающихся на небольшие глубины, но в холодную воду.

4. Для повышения наглядности представляемого материала в работе следовало добавить фотографический материал с моделями

электротепловой аналогии (глава 3), пакета спецодежды и АСР обогреваемой спецодежды с используемыми регуляторами (глава 5).

5. Выводы по главам представляют собой пересказ того, что описано в тексте работы

6. Теоретические расчеты проверялись на некоторых физических лабораторных стендах, а не на водолазном снаряжении в условиях реальных погружений

Указанные замечания не сказываются на общей положительной оценке диссертационной работы Анисимова Александра Александровича.

Диссертационная работа является законченным научно-квалификационным исследованием, с применением современных компьютерных технологий. Публикации и автореферат соответствуют содержанию диссертации.

Диссертационная работа «Разработка автоматической системы регулирования температуры водообогреваемой спецодежды глубоководных водолазов» соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней», а соискатель Анисимов Александр Александрович заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» (лёгкая промышленность).

Официальный оппонент,

доктор технических наук, профессор кафедры Автоматики, заместитель генерального директора ООО «ПрофАльянс»

30.10.2014

Контактный телефон: 8(915)295-11-21



А.И. Жаворонков

ПОДПИСЬ Жаворонкова А.И. заверяю

