

## ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора физико-математических наук, профессора Зуева Льва Борисовича на диссертационную работу Абуеллаиль Ахмед Али Сабри Ахмед Рефаат «*Термоэлектрический контроль металлов геодезических скважин*», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ материалов и изделий

**Актуальность темы.** Легированные стали находят широкое применение в различных сферах промышленного производства. Среди большого разнообразия материалов, применяемых для изготовления оборудования в геодезии, широко используются легированные стали, которые могут менять эксплуатационные характеристики в зависимости от состава и термической обработки. Наибольшее распространение в этой области получили стали 40Х и 35ХГСА, структура и характеристики которых могут быть существенно улучшены при проведении термической обработки. Эти стали могут выдерживать длительное воздействие влаги и некоторых химических веществ. Механические свойства сталей характеризуются высоким пределом текучести, высоким временным сопротивлением, а также высокой твердостью, что позволяет использовать их при изготовлении изделий, работающих в тяжелых условиях. Поэтому тема диссертационного исследования, посвященного электрофизическим основам анализа состояния этих сталей, является актуальной.

**Содержание работы.** Диссертационная работа состоит из Введения, трех глав, Заключения, а также двух приложений. Объем работы составляет 139 страницы, включая 76 рисунков и 3 таблицы. Список цитированной литературы составляет 130 наименований.

**Во Введении** приведены сведения об актуальности работы, сформулированы цели и задачи. Обоснована актуальность выбранной темы, описаны ключевые положения, выносимые на защиту, научная новизна и практическая ценность исследования.

*В первой главе* приведено описание основной проблемы, на решение которой направлена рассматриваемая работа. Большое внимание уделено методам контроля металлов и сплавов. Сделан акцент на термоэлектрическом методе. Выявлены и исследованы недостатки существующих приборов термоэлектрического контроля и сделан вывод о перспективности термоэлектрического метода, позволяющего проводить экспресс-контроль, как в процессе производства, так и в процессе эксплуатации без остановки технологического оборудования.

*Во второй главе* приведена методика расчета электрических характеристик эквивалентного источника термоЭДС с использованием метода наложения, которая позволяет учесть индивидуальные характеристики отдельных источников термоЭДС. Приводится описание математической модели, на основе предложенной методики, с использованием которой проведен анализ электрических характеристик эквивалентного источника термоЭДС. Верификация модели проведена с использованием большого числа экспериментальных данных.

*Третья глава* посвящена выбору и обоснованию параметров программно-аппаратного экспериментального комплекса, позволяющего проводить исследования электрических характеристик источников термоЭДС в автоматическом режиме с отображением результатов исследования на экране монитора. Интерфейс программы позволяет производить выбор параметров исследования таких как: температура и сопротивление нагрузки. Приведены результаты экспериментальных исследований. По результатам исследований разработан термоэлектрический дефектоскоп «Thermo Fitness Testing» и приведены его характеристики

*В Заключении* приведены основные результаты экспериментальных исследований, отражающие достижение поставленной цели, а также сформулированы основные выводы.

Диссертационная работа изложена логично, хорошо структурирована, выдержана в научном стиле и отражает всю информацию, необходимую

для понимания исследуемой проблемы. Автореферат отражает все основные положения и полностью соответствует содержанию диссертации.

**Новизна исследований и основных результатов работы** определяется тем, что в ней

- разработана модель для исследования электрических характеристик эквивалентного источника термоЭДС при параллельном соединении нескольких источников термоЭДС, возникающих при многоточечном контакте электрода с контролируемым образцом на основе метода наложения;
- разработана экспериментальная установка для исследования характеристик источников термоЭДС, позволяющая проводить исследования в широком диапазоне температур;
- исследованы электрические характеристики различных источников термоЭДС и эквивалентного источника термоЭДС при параллельном соединении различных типов источников термоЭДС,
- получены аналитические выражения на основе полинома Ньютона четвертой степени, позволяющие с погрешностью не более 6% описать нагрузочную характеристику источника термоЭДС в диапазоне температур от 100 до 300 градусов Цельсия,
- установлено влияние сопротивления нагрузки на электрические характеристики термоэлектрического источника.

**Практическая ценность результатов работы** состоит в том, что

- предложен и обоснован способ анализа электрических характеристик эквивалентного источника термоЭДС, получаемого при многоточечном контакте электрода с контролируемым изделием, на основе метода наложения;
- разработана математическая модель, на основе которой можно проектировать термоэлектрические дефектоскопы с высокими техническими характеристиками;
- разработан термоэлектрический дефектоскоп «Thermo Fitness Testing». Произведена экспериментальная апробация разработанного дефектоскопа;

- на данный момент полученные результаты уже внедрены в учебный процесс отделения электронной инженерии инженерной школы неразрушающего контроля и безопасности НИ Томского политехнического университета и на предприятии ОАО «Томский электромеханический завод».

**Достоверность полученных результатов и выводов** определяется тем, что изложенные в диссертации научные положения, выводы и рекомендации аргументированы и обоснованы с учетом того, что при выполнении работы использовался широкий спектр российских и зарубежных источников, а полученные результаты не противоречат общефизическим принципам и ранее опубликованным результатам. Предложенные решения апробированы на реальных объектах промышленного предприятия.

#### **Замечания по диссертационной работе:**

1. В работе отсутствуют данные о микроструктуре исследованных сталей 40X и 35XГСА. Ясно, что структура сталей может быть существенно различна в зависимости от проведенной при изготовлении оборудования термической обработки. Это снижает перспективность проведенных исследований.

2. Во 2-й главе приведена методика расчета эквивалентного источника на основе метода наложения. Это широко известный метод анализа, однако автор не приводит ссылку на соответствующий литературный источник.

3. В формулах 2.7 и 2.8 используются одинаковые ЭДС источников  $E_1$ , в то же время автор утверждает, что это разные источники.

4. На рис. 2.8-2.16 не указан доверительный интервал.

Высказанные замечания принципиально не влияют на общую положительную характеристику работы. В целом, работа выполнена на высоком научном и профессиональном уровне. Результаты исследований опубликованы в 15 работах, в том числе 2 статьи в журналах из списка ВАК, 7 - в изданиях из перечня Scopus и WoS и 6 - в материалах Всероссийских и Международных конференций. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

**Заключение.** Диссертационная работа Абуеллаиль Ахмед Али Сабри Ахмед Рефаат выполнена по актуальной и востребованной теме, имеет высокую степень готовности и внедрения. Результаты диссертации опубликованы в индексируемых российских и международных журналах, представлены на всероссийских и международных конференциях. Таким образом, диссертация по совокупности проведенных исследований, полученных результатов, их актуальности, новизне и достоверности, научной и практической значимости, количеству публикаций, соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, и требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук (dis.tpu.ru), а автор Абуеллаиль Ахмед Али Сабри Ахмед Рефаат заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 - Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий.

Официальный оппонент, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией физики прочности Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук.  
634055, г. Томск, пр. Академический 2/4,  
рабочий телефон: +7 (382-2) 49-13-60,  
электронная почта: lbz@ispms.ru

26.11.2020



Зуев Лев Борисович

Подпись Льва Борисовича Зуева заверяю.  
Ученый секретарь ФГБУН ИФПМ СО  
РАН, к.ф.-м.н.

Матолыгина Н.Ю.