

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Политехнический институт  
Кафедра «Стандартизация, метрология и управление качеством»

УТВЕЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ Секацкий В.С.  
подпись  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

27.03.01 – Стандартизация и метрология  
Разработка рекомендаций по выбору оборудования  
для измерения шероховатости на АО «КрЭВРЗ»

Руководитель	_____	доцент, канд. техн. наук Титов В.А.
	подпись, дата	
Выпускник	_____	Дингис К.А.
	подпись, дата	
Нормоконтролер	_____	Мерзликина Н.В.
	подпись, дата	

Красноярск 2019

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 АО «КрЭВРЗ» и сфера его деятельности.....	6
1.1 История организации .....	6
1.2 Сфера деятельности.....	9
2 Продукция АО «КрЭВРЗ».....	10
2.1 Виды продукции.....	10
2.2 Выбор продукции для рассмотрения в бакалаврской работе.....	10
3 Состояние проблемы измерения шероховатости на АО «КрЭВРЗ».....	11
4 Разработка рекомендаций по выбору оборудования для измерения шероховатости на АО «КрЭВРЗ».....	12
4.1 Определение шероховатости на оси.....	12
4.1.1 Поверхности оси, требующие определение шероховатости.....	12
4.1.2 Выбор оборудования для измерения шероховатости оси.....	13
4.1.3 Разработка схемы стенда для измерения шероховатости на оси...	17
4.1.4 Разработка методики измерения шероховатости на оси.....	17
4.2 Определение шероховатости на ступице.....	19
4.2.1 Поверхности ступицы, требующие определение шероховатости...	19
4.2.2 Выбор оборудования для измерения шероховатости ступицы.....	20
4.2.3 Разработка схемы стенда для измерения шероховатости на ступице.....	23
4.2.4 Разработка методики измерения шероховатости на оси.....	26
4.3 Определение шероховатости на колесе.....	26
4.3.1 Поверхности колеса, требующие определение шероховатости.....	26
4.3.2 Выбор оборудования для измерения шероховатости колеса.....	26
4.3.3 Разработка схемы стенда для измерения шероховатости на колесе	31
4.3.4 Разработка методики измерения шероховатости на колесе.....	31
Заключение.....	34
Список использованных источников.....	35
Приложение А Методика измерения шероховатости на оси.....	36
Приложение Б Методика измерения шероховатости на ступице.....	44
Приложение В Методика измерения шероховатости на колесе.....	52

## ВВЕДЕНИЕ

При механической обработке деталей на их поверхностях остаются микронеровности, образующиеся в результате копирования на обработанной поверхности формы и дефектов режущей части инструмента, в результате трения инструментов о деталь, вибрации инструмента и детали и т.п.

Микронеровности оказывают большое влияние на эксплуатационные качества деталей: износостойкость, трение, усталостную прочность, антикоррозионную стойкость, прочность и другие параметры изделия. Поэтому, существенным вопросом является количественная оценка микронеровностей.

Сфера деятельности красноярского электровагоноремонтного завода очень обширна: от ремонта вагонов до изготовления металлоконструкций. Но основная деятельность заключается в ремонте электродвигателей и колёсных пар.

Колёсные пары являются основными элементами ходовой части и наиболее ответственными узлами подвижного состава, поэтому контроль и измерение шероховатости на их контролируемых поверхностях является важной задачей для метролога.

Колёсные пары освидетельствуют один раз в шесть месяцев. Поступившая колёсная пара проходит осмотр на плотность посадки и наличие сдвига бандажа, проверяют, нет ли на бандажах трещин, ползунов, плен, вмятин, раковин, выщербин, подреза и остроконечного наката гребня. Измеряется толщина гребня и бандажа, радиальное биение и контролируется шероховатость. Годные колёсные пары маркируются и отправляются на использование. При выявлении дефекта колёсную пару отправляют на ремонт. Колёсную пару разбирают, детали на которых обнаружен дефект заменяют или ремонтируют.

На электровагоноремонтном заводе для контроля шероховатости используют образцы шероховатости, которые имеют такие недостатки как:

- большое время для оценки состояния поверхности,
- качественный, а не количественный характер оценки,
- отсутствие информации о параметрах и дефектах неровности,
- необходимость применения дополнительного оборудования для более точной оценки,
- полностью зависит от квалификации проверяющего,
- низкая точность,
- затруднительна оцифровка полученных данных.

Использование портативного профилометра, например, для измерения шероховатости на наружной поверхности бандажа невозможно, поскольку ширина бандажа недостаточно велика для установки на нём профилометра.

Поэтому поиск и анализ оборудования для измерения шероховатости является актуальной задачей.

Цель бакалаврской работы – поиск и анализ современного оборудования для измерения шероховатости, разработка схем измерительных стендов и методик измерений на них.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

а) определить поверхности, на которых необходимо измерять, а не контролировать шероховатость;

б) выяснить какие средства контроля и измерения шероховатости используются на АО «КрЭВРЗ»;

в) найти и обосновать выбор оборудования для измерения шероховатости;

г) разработать схемы стендов для измерения шероховатости и методики измерения на них.

## 1 АО «КрЭВРЗ» и сфера его деятельности

### 1.1 История организации

История Красноярского Электровагонноремонтного начинается с 24 июня 1898 г., когда были сданы в эксплуатацию Главные железнодорожные мастерские, которые числились номенклатурой Томской железной дороги. На начало 20 века здесь работало 1200 человек. В восьми цехах ремонтировались паровозы, деревянные пассажирские и товарные вагоны, кроме этого заводом поставлялось чугунное литье для нужд Енисейской губернии. Первым начальником предприятия был Владислав Ключковский.

В первые годы существования мастерских социально – экономическое положение их рабочих было неудовлетворительным. Преобладал тяжелый ручной труд представленный на рисунке 1, отсутствовала техника безопасности, заработная плата была низкой, а рабочий день чрезмерно длительным. Администрация мастерских практически не шла на уступки, вследствие чего, во время первой русской буржуазно демократической революции 1905 – 1907гг. мастерские являлись центром революционных событий в Красноярске.



Рисунок 1 – Рабочий процесс в начале 20 века.

В годы гражданской войны, во времена разрухи и кризиса, в мастерских не прерывался ремонт паровозов и вагонов. С приходом Советской власти в 1920 г. Многие проблемы социально –экономического положения рабочих были решены. С середины 1925 года в мастерских начинают внедряться технические новинки, благодаря которым стал

возможен рост производства. В 1922 г. Для подготовки производственных кадров в мастерских была открыта школа фабрично – заводского ученичества (ФЗУ), которая наряду с рабочей квалификацией давала общеобразовательную подготовку.

В 1932 г. Мастерские получили статус предприятия союзного значения, став паровозоремонтным заводом (ПВРЗ). Кроме того, следует отметить, в 1930 – е гг. на предприятии велось большое строительство; распространенным явлением были социалистические соревнования среди рабочих завода; продолжало внедряться новое оборудование.

В период существования тоталитарного режима многие специалисты ПВРЗ были незаслуженно осуждены. Вместо репрессированных на их должности назначались новые люди, часто не имевшие необходимых знаний, достаточного опыта и организаторских способностей. Однако вплоть до Великой Отечественной войны Красноярский ПВРЗ оставался самым крупным предприятием города. На начало 1941 г. Здесь трудилось около 3000 человек.

В первый год войны на завод были эвакуированы родственные предприятия из Полтавы, Воронежа и Изюма. Многие работники ПВРЗ ушли на фронт, поэтому, по большей части, трудились женщины, дети, пенсионеры. Во время войны на заводе производилась военная продукция: минометы и крупнокалиберные снаряды для пушек; было изготовлено пять бронепоездов, которые ушли на фронт в составе 29 Красноярского бронедивизиона. Одной из задач предприятия было: формирование и отправка на фронт санитарных, прачечных и технических поездов специального назначения. Из мирной продукции во время войны ремонтировали только паровозы.

За особые заслуги перед Родиной и ударную работу в годы Великой Отечественной войны в 1945 г. Красноярский ПВРЗ был награжден Орденом Трудового Красного Знамени, а переходящее Знамя Обороны было передано заводу на вечное хранение, т.к. в течение 11 месяцев 1945 г. Завод в отрасли занимал первое место. За особые заслуги перед Родиной более 600 заводчан были награждены в 1945 г. Орденами и медалями.

В послевоенное время ПВРЗ перешел к производству мирной продукции. С 1940 до 1960 гг. на заводе велось капитальное строительство, расширялись цеха, к ним делались пристройки. В технологический процесс внедрялись новшества, сфера приложения которых не ограничивалась производством. Много делалось на заводе для улучшения труда и отдыха рабочих и служащих: заводская столовая, оборудованная по последнему слову техники; оранжерея. Кроме того, началось строительство жилья для рабочих ПВРЗ.

В 1970 – ые гг. закончилась «Паровозная эпоха» предприятия. 30 декабря 1971 г. Ушел из ремонта последний паровоз. Приказом Министерства Путей Сообщения СССР от 29 апреля 1971 г. Завод получил наименование «электровагоноремонтный» (ЭВРЗ), начал ремонтировать

электропоезда переменного тока, цельнометаллические пассажирские вагоны, тяговые двигатели и колесные пары.

В 1980 – 1990 –ые гг. завод переживал тяжелое время, он оказался в трудном финансовом положении, что было связано с проведением радикальных экономических реформ. Несмотря на это, ЭВРЗ продолжал осуществлять техническое перевооружение и освоение новых технологий ремонта.

Красноярский ЭВРЗ стал лидером в отрасли по ремонту электропоездов переменного тока. Четыре раза: в 1998, 2001, 2002 и 2003 гг. – коллективу ЭВРЗ присуждались Почетные дипломы МПС РФ и ЦК Российского профсоюза железнодорожников и транспортных строителей с вручением знаков «Победителю в отраслевом соревновании среди коллективов предприятий и организаций железнодорожного транспорта».

В связи с реформированием МПС РФ с 1 октября 2003 года Красноярский ЭВРЗ вошел в состав ОАО «Российские железные дороги» в качестве филиала.

В это время завод продолжал выпускать из ремонта электропоезда, пассажирские вагоны открытого типа, тяговые двигатели, колесные пары. Ставка делалась на капитальный ремонт подвижного состава. Был освоен новый вид продукции – концептуальные поезда. Шел прирост объемов ремонта. Красноярский ЭВРЗ за время работы в филиальной системе ни разу не был включен в план распределения амортизационных средств, поэтому в течение четырех лет предприятие не имело источников инвестиций для дальнейшего развития.

Для решения проблем филиалов на базе завода прошло три Всероссийских съезда ремонтников, в которых приняли участие руководители дирекции «Вагонремаш», директора одиннадцати заводов, представители департаментов ОАО «РЖД» и железных дорог.

Кроме того, в этот период на предприятии продолжалось капитальное строительство. Были сданы в эксплуатацию административный корпус кузнечно – механического цеха, участок обмывки вагонов, дом рыбака в зоне отдыха «Подпорожье» [1].

1 июля 2007 г. На базе имущества Красноярского ЭВРЗ – филиала ОАО «РЖД» было создано дочернее открытое акционерное общество «Красноярский электровагоноремонтный завод», которое продолжало заниматься ремонтом электропоездов постоянного и переменного тока 19 модификаций для всех дорог РФ, пассажирских и почтовых вагонов, колесных пар, тяговых двигателей. Кроме того, в июле 2007 г. на заводе для Красноярской железной дороги на базе моторовагонной секции электропоезда был изготовлен специальный самоходный подвижной состав «Боготолец», который предназначен для перевозки путевых бригад к месту работы. До конца 2008 г. Таких составов было изготовлено 9 единиц.

13 ноября 2007 г. Был выпущен передвижной консультативно – диагностический центр «Доктор Войно – Ясенецкий (Святитель Лука)»,

который предназначен для оказания медицинских услуг работникам Красноярской железной дороги.

В 2008 г. На заводе было произведено и реализовано продукции на сумму 2451,8 млн. рублей. Прирост объемов к уровню 2007 года составил 115,6%.

В настоящее время одним из важных направлений деятельности АО «КрЭВРЗ», помимо ремонта электропоездов, вагонов, колесных пар, тяговых двигателей, является теплоснабжение прилегающего жилого района. Из общего объема произведенной тепловой энергии около половины расходуется на теплоснабжение жилых домов, учебных заведений, детских садов. По надежности и качеству параметров заводская котельная включена в структуру городской системы и успешно сотрудничает с ней.

На заводе решена и одна из экологических проблем. Очистные сооружения промышленных и ливневых стоков позволяют создать замкнутый цикл использования технической воды, что частично позволило прекратить сброс промышленных стоков в городскую канализацию.

Давние партнерские отношения связывают медицинские учреждения города и края с кислородной станцией Энергосилового цеха завода. Поставка кислорода высокой степени очистки для медицинских нужд достигает более 420000 м<sup>3</sup> в год.

ОАО «КрЭВРЗ» содержит Дом спорта, лыжную базу, общежитие, базу отдыха «Подпорожье». Объекты спорта и досуга играют неопределимую роль в жизни завода, используясь круглогодично в непрерывном цикле. Работают спортивные секции и действующие команды по футболу, волейболу, настольному теннису, шахматам, борьбе дзюдо, самбо, армреслингу, лыжным гонкам, в которых занимаются работники завода и члены их семей.

24 июня 2008 г. ЭВРЗ отметил 110 – летний юбилей.

В апреле 2009 года завершены работы по изготовлению «Магазина на колесах»

2 октября 2009 г. Передан в эксплуатацию Красноярской Епархии вагон-храм им. Святой княгини Ольги, изготовленный на заводе

С января 2013 г. ОАО «КрЭВРЗ» вошел в состав Группы компаний «АФИНА ПАЛЛАДА».

24-27 июня 2013 г. Состоялись торжественные и спортивные мероприятия в связи с празднованием 115-летия завода.

Из железнодорожных мастерских регионального значения, благодаря самоотверженному слаженному труду коллектива и основательной политике администрации завода, он вырос в крупное предприятие ремонтного машиностроения с современным производством.

## **1.2 Сфера деятельности**

В сферу деятельности АО «КрЭВРЗ» входит:



- ремонт пассажирских, почтово – багажных, грузовых и специальных вагонов;

- ремонт электродвигателей;
- ремонт колёсных пар вагонов;
- производство запчастей подвижного состава;
- ремонт электропоездов;
- нанесение гальванических покрытий;
- металлообработка;
- модернизация трамвайных вагонов;
- предоставление услуг лаборатории завода;
- продажа оборудования;
- 3D сканирование и печать.

## **2 Продукция АО «КрЭВРЗ»**

### **2.1 Виды продукции**

На АО «КрЭВРЗ» выпускают следующую продукцию:

- детали из листа до 3 мм на прошивном и гибочном прессе фирмы «TRUMF»;

- оси колёсных пар РМ – 3, РМ – 5, РУ – 1Ш, РУ – 1;
- клин тягового хомута;
- чека тормозной колодки;
- редуктор моторный колёсной пары;
- автоматические двери электропоездов;
- металлоизделия свободнойковки;
- промышленные газы – кислород, азот;
- стальное, чугунное, цветное литьё;
- штампы;
- прессформы;
- вагонные и моторные колёсные пары;
- системы вентиляции;
- гальваническое покрытие (хром, никель, цинк);
- железо – бетонные изделия;
- металлорежущий инструмент.

Но основной продукцией являются отремонтированные электродвигатели и колёсные пары [2].

### **2.2 Выбор продукции для рассмотрения в бакалаврской работе**

В бакалаврской работе передо мной стояла задача из всего многообразия изделий АО «КрЭВРЗ» выбрать главную продукцию, определяющую роль в РЖД.

Мною на рассмотрение в работе была выбрана колёсная пара РУ – 1Ш – 957 – Э поскольку колёсные пары являются основными элементами ходовой части и наиболее ответственными узлами подвижного состава и от их качества зависит безопасность движения на железной дороге. Поэтому контроль и измерение шероховатости на их контролируемых поверхностях является важной задачей для метролога.

В колёсных парах выбраны для определения шероховатости следующие основные детали:

- ось;
- ступица;
- колёса.

### 3 Состояние проблемы измерения шероховатости на АО «КрЭВРЗ»

На красноярском электровагонноремонтном заводе для проверки деталей на соответствие шероховатости поверхности используют образцы шероховатости представленные на рисунке 2.



Рисунок 2 – образцы шероховатости

Также на АО «КрЭВРЗ» используется стационарный профилометр модели 170622 представленный на рисунке 3, который используют только для измерения шероховатости на малогабаритных деталях, которые можно установить на плите прибора.

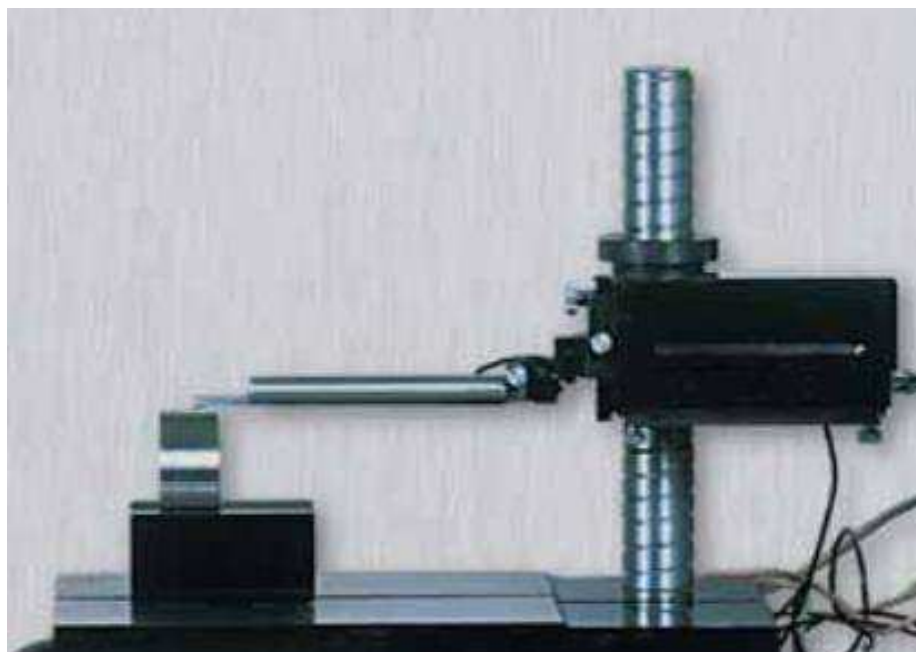


Рисунок 3 – Стационарный профилометр модели 170622

Проблема образцов заключается в том, что они являются средствами контроля а не средствами измерений, и ими нельзя измерить шероховатость на ответственных поверхностях. Стационарным профилометром же не позволяет измерять столь крупногабаритные изделия как колёсные пары.

Поэтому поиск и анализ оборудования для измерения шероховатости необходим для повышения качества на предприятии.

#### **4 Разработка рекомендаций по выбору оборудования для измерения шероховатости на АО «КрЭВРЗ»**

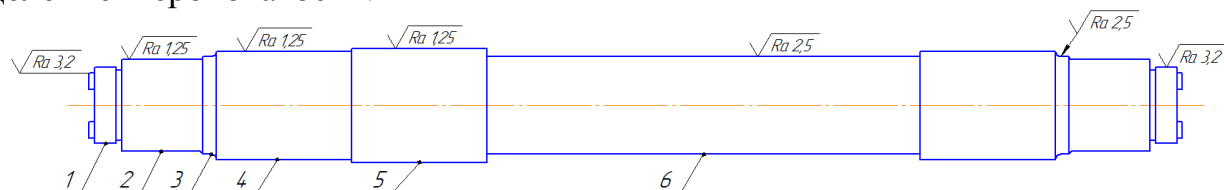
В качестве основных критериев выбора оборудования для измерения шероховатости предлагается установить следующие параметры:

- точность измерения;
- простота использования;
- отсутствие требования к высокой квалификации измеряющего;
- возможность использования в цеховых условиях;
- гарантийный срок;
- цена модели.

##### **4.1 Определение шероховатости на оси**

4.1.1 Поверхности оси, требующие определение шероховатости. Ось – это элемент колесной пары подвижного состава, представляющий собой цельную деталь круглого поперечного сечения, имеющую разные диаметры по длине в зависимости от частей и усилий, возникающих в них.

На рисунке 4 показано расположение поверхностей на оси, требующих определения шероховатости.



- 1 – корончатая гайка
- 2 – шейка оси
- 3 – предподступничная поверхность
- 4 – подступничная поверхность
- 5 – моторно – осевая шейка
- 6 – серединная часть

Рисунок 4 – Схема расположения поверхностей на которых определяется шероховатость

На оси необходимо измерить поверхности:

- а) шейки оси;
- б) подступничные поверхности;
- в) моторно – осевая шейка.

На оси достаточно контролировать образцами шероховатости поверхности:

- а) серединная часть;
- б) предподступничная поверхности;
- в) корончатая гайка.

Проблема в измерении шероховатости поверхностей оси заключается в цилиндрической поверхности, что не позволяет установить на ней профилометр

4.1.2 Выбор оборудования для измерения шероховатости оси. Для измерения шероховатости поверхности оси были найдены следующие приборы: профилометр TR 100 [3] и профилемер Elcometer 224 [4].

Профилометр TR 100 представлен на рисунке 5



Рисунок 5 – Профилометр TR 100

Простой и надежный профилометр TR100 – это портативный прибор для измерения шероховатости поверхности. Профилометр TR 100 имеет высокую точность и широкий диапазон применения.

Профилометр TR100 обладает следующими отличительными особенностями:

- малый размер и привлекательная цена;
- большой диапазон измерений, подходящий для большинства материалов;
- предназначен для измерений на плоских поверхностях, наружных поверхностях цилиндров и наклонных поверхностях;
- возможность измерения параметров шероховатости по шкалам Ra и Rz;
- оснащен функцией внешней калибровки с помощью клавиатуры;
- соответствие требованиям стандартов: ISO (Международная организация по стандартизации), DIN (Германский институт стандартов);
- аккумуляторы позволяют выполнять перезарядку во время измерений.

Метрологические характеристики профилометра TR100 представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики профилометра TR100

Характеристика	Значение
Измеряемые параметры шероховатости	Ra, Rz
Длина трассы сканирования	6 мм
Скорость перемещения щупа	1.0 мм/с
Значения отсечек шага	0,25 мм / 0.8 мм / 2,5 мм
Длина оценки значений параметров шероховатости	1.25 мм / 4.0 мм / 5.0 мм
Диапазон измерений по параметрам	Ra: 0.05 – 10.0 мкм Rz: 0.1 – 50 мкм
Допускаемая основная погрешность	± 15%
Повторяемость результатов измерений	< 12%
Тип фильтра	аналоговый резистивно-емкостный
Тип датчика	пьезоэлектрический
Радиус кривизны и угол вершины щупа	алмазная игла с радиусом: 5 ± 1 мкм угол: 90° (+ 5° или – 10°)
Диапазон рабочих температур	от 0 до 40 градусов по Цельсию
Относительная влажность воздуха	< 80%
Диапазон температур при хранении	от – 25 до 60 градусов по Цельсию
Степень точности	класс 3
Зарядное устройство	9 В постоянного тока, 10 – 15 часов (время перезарядки)
Габаритные размеры	125 × 73 × 26 мм
Масса электронного блока	200 г
Цена	68 917 руб

Профилемер Elcometer 224 представлен на рисунке 6



Рисунок 6 – Профилемер Elcometer 224

Цифровой профилемер поверхности Elcometer 224 позволяет быстро измерять профиль поверхности и получать точные результаты в микронах.

#### Особенности прибора:

- низкая стоимость измерения по сравнению с другими методами измерений.
- высокая скорость измерения – более 40 измерений в минуту;
- всегда точные и повторяемые результаты измерений;
- интуитивная система меню на нескольких языках, включая русский, позволяет обходиться без инструкции;
- большой экран с подсветкой для лучшего считывания результатов измерений;
- цифровой дисплей исключает ошибки при интерпретации результатов измерений;
- диапазон измерения профиля до 500 мкм;
- надежный щуп из карбида вольфрама с возможностью замены на месте проведения работ выдерживает до 20000 измерений;
- режим рассчитанного среднего значения сохраняет в памяти среднее значение от выбранного количества измерений;
- статистические расчеты производятся и выводятся на дисплей в реальном времени;
- результаты измерений могут быть переданы на ПК для составления отчетов.

Метрологические характеристики прибора Elcometer 224 представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Метрологические характеристики прибора Elcometer 224

Характеристика	Значение
Щуп датчика	Щуп из карбида вольфрама с углом 60°, радиус щупа 50 мкм
Диапазон измерений, мкм	от 0 до 500
Пределы допускаемой погрешности измерений - абсолютной в диапазоне от 0 до 100 мкм, мкм - относительной в диапазоне св. 100 мкм, %	±5 ±5
Дискретность отсчета, мкм	1
Габаритные размеры, мм, не более (Ш×В×Г)	73×168×37
Масса, г	не более 218
Температура, °С	от -10 до +50
Относительная влажность, %	от 0 до 95
Срок службы, лет, не менее	5
Цена	69 345 руб

Для измерения шероховатости на оси был выбран профилометр TR100 поскольку он имеет следующие преимущества:

- простота использования;
- не требует высокой квалификации измеряющего;
- малые габариты;

- низкая цена.

4.1.3 Разработка схемы стенда для измерения шероховатости на оси. Стенд для измерения шероховатости поверхности состоит из: измерительной плиты и двух призм. Измерительный прибор устанавливается на саму ось. Схема стенда представлена на рисунке 7.



Рисунок 7 – схема стенда для измерения шероховатости

4.1.4 Разработка методики измерения шероховатости на оси. Цель разработки и применения методики выполнения измерений – обеспечение выполнения измерений с погрешностью, не превышающей нормы погрешности или приписанной характеристики погрешности (неопределенности) Приписанная характеристика погрешности измерений – характеристика погрешности любого результата совокупности измерений, полученного при соблюдении требований данной методики.

Разработку методики выполнения измерения осуществляют на основе исходных данных, которые включают: назначение методики выполнения измерений, требования к точности измерений, условия выполнения измерений и др. требования к методике выполнения измерений.

Основные исходные данные, как правило, формируются в техническом задании на разработку методики выполнения измерений. Если для разработки методики выполнения измерений имеются достаточные исходные данные, то техническое задание на разработку методики выполнения измерений может не потребоваться.

Для разработки методики выполнения измерений необходимо иметь следующие данные.

В назначении методики выполнения измерений:

- область применения (объект измерений, в том числе наименование продукции и контролируемых параметров, а также область использования для одного предприятия, для отрасли и т. п.);
- наименование измеряемой величины;
- характеристики измеряемой величины (диапазон и частотный спектр, значения неинформативных параметров и т. д.); при измерении величин, не установленных ГОСТ 8.417-81 в назначении методики выполнения



измерений указывают развернутое определение этих величин либо ссылки на нормативный документ, содержащие такие определения;

- характеристики объекта измерений.

Требования к характеристикам погрешности измерений и (или) характеристикам составляющих погрешности измерений (систематической и случайной составляющим) являются основными исходными требованиями для разработки методики выполнения измерений.

Требования к характеристикам погрешности измерений могут быть регламентированы в нормативных документах: в государственных стандартах (например, ГОСТ 8.051-86), в отраслевых документах (например, РД 34.11.321-96 «Нормы точности измерений технологических параметров тепловых электростанций») и др.

Требования к характеристикам погрешности измерений можно установить исходя из требований к достоверности измерительного контроля (вероятностей ошибок контроля первого и второго рода) или погрешности результатов испытаний.

Часто на практике для установления требований к характеристикам погрешности измерений используют отношение погрешности измерений к допуску на контролируемый параметр (такое отношение должно быть, как правило, не более 0,3; а в обоснованных случаях 0,4-0,5).

Требования к характеристикам погрешности измерений выражают в соответствии с МИ 1317-86, требования к неопределенности – в соответствии с МИ 2552-99.

Условия измерений задают в виде номинальных значений и (или) границ диапазона возможных значений влияющих величин

Кроме того, для разработки методики выполнения измерений могут потребоваться и другие сведения, например, о наличии СИ, в том числе утвержденных типов, и др [5].

Методика выполнения измерений оформленная самостоятельным документом должна содержать:

- титульный лист;
- сведения о разработчике;
- содержание;
- назначение, область применения и нормативные ссылки;
- характеристики погрешности измерений;
- средства измерений, вспомогательные устройства, реактивы и материалы;
- метод измерения;
- требования безопасности и требования квалификации оператора;
- условия измерений;
- отбор, хранение и подготовка проб;
- подготовка к выполнению измерений;
- выполнение измерений;
- контроль воспроизводимости и погрешности результатов;

- оформление результатов измерений.

Разработанная методика выполнения измерений на стенде для определения шероховатости на оси представлена в приложении А

## 4.2 Определение шероховатости на ступице

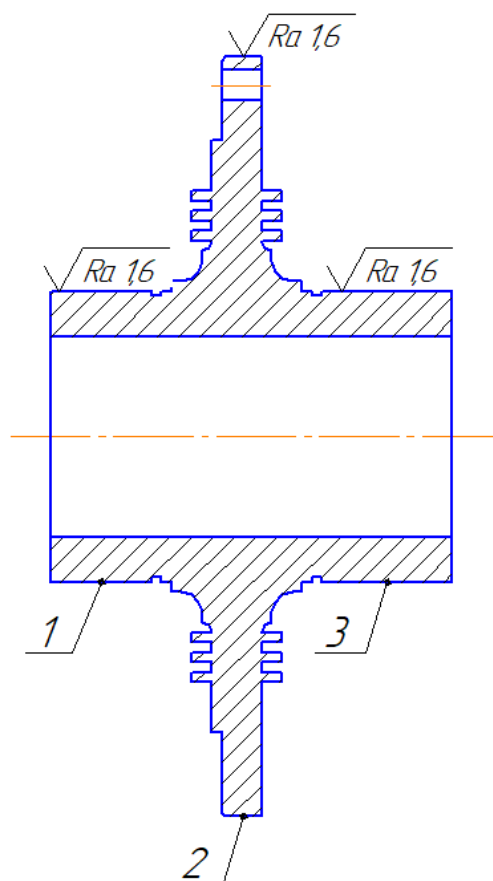
4.2.1 Поверхности ступицы, требующие определение шероховатости. Ступица – часть колесного центра или цельного колеса с отверстием для установки его на оси и выступом для установки на нем зубчатого венца и других деталей.

На ступице необходимо измерить поверхности, на которые будут устанавливаться:

- а) подшипники;
- б) зубчатый венец.

Все остальные поверхности достаточно проконтролировать образцами шероховатости.

Схема расположения измеряемых поверхностей представлена на рисунке 8.



- 1 – поверхность на которую устанавливается роликовый подшипник 80 – 32152ЛМ;
- 2 – поверхность на которую устанавливается зубчатый венец;
- 3 – поверхность на которую устанавливается роликовый подшипник 80 – 92152ЛМ.

Рисунок 8 – Схема расположения измеряемых поверхностей

Проблема в измерении шероховатости поверхностей ступицы заключается в маленькой ширине поверхности на которую будет устанавливаться венец.

4.2.2 Выбор оборудования для измерения шероховатости ступицы. Для измерения шероховатости поверхности ступицы были найдены следующие приборы: Профилометр MAHR MarSurf M 400 [6] и Профилометр TR 200 [3].

Профилометр MAHR MarSurf M 400 представлен на рисунке 9



Рисунок 9 – Профилометр MAHR MarSurf M 400

Данный прибор для измерения шероховатости размером с цифровую фотокамеру предоставляет набор функций аналогичный лабораторному прибору. Профилометр MarSurf M 400 отличается продуманной эргономикой и легкостью в использовании, позволяя существенно экономить время на определение ровности поверхности.

Отличительные черты:

Компактные размеры и малый вес – удобство при работе с профилометром, транспортировке и хранении. Продуманная функциональность – возможность работать с профилометром в любых положениях (вертикальном, горизонтальном, перевернутом и др.). Функция автоматического обнуления – избавление пользователя от необходимости трудоемкого позиционирования в нулевое положение вручную. Быстрая смена щуповых консолей. Простая стыковка с ПК через USB. Данный прибор вобрал в себя все самые новые и лучшие разработки в области мобильных профилометров. Метрологические характеристики прибора MarSurf M 400 представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Метрологические характеристики прибора MarSurf M 400

Характеристика	Значение
Распознавание профиля	Первичный, волнистость и шероховатость
Щуп	Индуктивная система свободного ощупывания со сменными щуповыми наконечниками, 2 мкм щуповое острие, измерительное усилие прим. 0,7 мН (стандарт)
Фильтр	согл. DIN/JIS Фильтр Гауса, Ls-фильтр
Нормы	DIN/ISO/JIS/ASME/MOTIF
Контролируемые параметры	DIN/ISO: Ra, Rq, Rz, Rmax, Rp, Rv, Rpk, Rk, Rvk, Mr1, Mr2, A1, A2, Vo, Rt, R3z, RPs, Rmr (3x), HSC, RSm, Rsk, Rdc, Rdq, Pa, Pt, PMr (3x), Pdc, Wa, Wt, WSm, Wsk, JIS: Ra, Rz, RzJIS94, Sm, S, ASME: RpA, Rpm MOTIF: R, Ar, Rx, W, Wx, Wte, CR, CL, CF, NR, NCRx,
Отсечки lc (согласно ISO/JIS)	0,08 мм, 0,25 мм, 0,8 мм, 2,5 мм, автоматически, свободно задаваемые
Щуповые участки Lt (согласно ISO/JIS)	0,56 мм, 1,75 мм, 5,6 мм, 17,5 мм, автоматически, свободно задаваемые
Щуп участки (согл. MOTIF)	1 мм, 4 мм, 8 мм, 12 мм, 16 мм
Суммарные измерит. Участки lm (согл. ISO/JIS):	1,25 мм, 4,0 мм, 12,5 мм
Число изм. Участков n (согласно ISO/JIS)	по выбору: 1 до 5
Укороченные отсечки (согл. ISO/JIS)	по выбору
Скорость ощупывания	0,2 мм/с; 0,5 мм/с; 1 мм/с
Разрешение профиля, диапазон	$\pm 250$ мкм = 8 нм, $\pm 25$ мкм = 0,8 нм, (стандартная длина щуповой консоли) $\pm 500$ мкм = 16 нм (двойная длина щуповой консоли)
Языковые версии	15, из них 3 азиатских языка
Размеры (Д x Ш x В)	190 мм x 140 мм x 75 мм
Вес	прим. 1,0 кг
Измерит. Расстояние:	26 мм
Скорость измерения	0,2 мм/с; 0,5 мм/с; 1мм/с
Скорость позиционир. По X	5 мм/с
Скорость позиционир. По Z	2 мм/с
Регулировка наклона	$\pm 1,5^\circ$ (функция нивелировки под контролем блока обработки результатов)
Температура (хранение)	-15° C до +55° C
Температура (эксплуатация)	+5° C до +40° C
Отн. Влажность воздуха	30% до 85%, без конденсата
Вес блока питания	прим. 0,9 кг
Диапазон блока питания	90 – 264 V, вторичный 9 V
Размеры блока питания (Д*Ш*В)	163 мм * 72 мм * 74 мм
Цена	785 468,54 руб

Профилометр TR 200 представлен на рисунке 10.



Рисунок 10 – Профилометр TR 200

Измеритель шероховатости TR 200 производит расчёт параметров шероховатости в соответствии с выбранной методикой и чётко отображает на жидкокристаллическом экране график профиля и все измеренные параметры.

Особенности:

- удобное в работе программное меню управления прибором.
- большой и четкий графический ЖКИ.
- измерение шероховатости по 13 различным параметрам.
- дополнительно комплектуется датчиком для измерения бороздок, каналов и отверстий.
- языки интерфейса программного меню включают английский, немецкий, французский, итальянский, испанский и голландский.
- передача данных через порт RS – 232 на принтер TA220S или ПК.
- питание от перезаряжаемого литий-ионного аккумулятора.
- профиломер совместим с четырьмя стандартами: ISO (Международная организация по стандартизации), DIN (Германский институт стандартов), ANSI (Американский национальный институт стандартов) и JIS (Японский промышленный стандарт).

Метрологические характеристики профилометра TR 200 представлены в таблице 4

Таблица 4 – Метрологические характеристики прибора TR 200

Характеристика	Значение
Измеряемые параметры шероховатости	Ra, Rz, Ry, Rq, Rt, Rp, Rmax, Rv, R3z, Rs, Rsm, RSk, Rmr, исходный профиль (P)
Построение профилей	шероховатости (R) кривой Rmr (коэффициент использования материала Mr)
Коэффициенты увеличений профиля	по вертикали: 200x – 20000x, по горизонтали: 20x, 50x, 200x
Система мер	метрическая, британская
Дискретность индикации	0.001 мкм

#### Окончание таблицы 4

Характеристика	Значение
Отображение результатов	непосредственное отображение параметров шероховатости и профилей поверхности.
Диапазон измерений по параметрам	Ra, Rq: 0.01 – 40 мкм Rz, Ry, Rp, Rt, R3z: 0.02 – 160 мкм RSm, RS: 1мм Rmr: 1 – 100%
Значения отсечек шага	0,25 мм/ 0.8 мм/ 2,5 мм
Длина оценки значений параметров шероховатости	отсечка 1 – 5 (по выбору пользователя)
Длина трассы ощупывания	(отсечка 1 – 5) + отсечка 2
Тип цифрового фильтра	резистивно-емкостный, фазовая коррекция – резистивно-емкостный, Гауссов, D-P
Тип датчика	стандартная модель TS100, индукционный, радиус алмазной иглы 5 мкм
Минимальный диаметр измеряемого отверстия/ наибольшая глубина измерения	6.0 мм, глубина 15 мм (при использовании датчика TS100)
Электрическое питание	перезаряжаемый литий-ионный аккумулятор
Зарядное устройство	220В/ 110В, 50 Гц, 2.5 часа (время зарядки аккумуляторов)
Диапазон рабочих температур	от 0 до 40 °С
Относительная влажность воздуха	< 80%
Диапазон температур при хранении	от – 25 до 60 °С
Степень точности	класс 3
Габаритные размеры	141 x 56 x 48 мм
Масса электронного блока	480 г
Цена	132 776 руб

Для измерения шероховатости на поверхности ступицы был выбран прибор TR 200 поскольку он имеет следующие преимущества:

- удобство при использовании
- не требует высокой квалификации измеряющего
- низкая цена

4.2.3 Разработка схемы стенда для измерения шероховатости на ступице. Проверяемую ступицу устанавливают на цилиндрическую оправку. Прибор подводят с помощью контрольно измерительных стоек. Схема стенда для измерения шероховатости на ступице представлена на рисунке 11.



измерений указывают развернутое определение этих величин либо ссылки на нормативный документ, содержащие такие определения;

- характеристики объекта измерений.

Требования к характеристикам погрешности измерений и (или) характеристикам составляющих погрешности измерений (систематической и случайной составляющим) являются основными исходными требованиями для разработки методики выполнения измерений.

Требования к характеристикам погрешности измерений могут быть регламентированы в нормативных документах: в государственных стандартах (например, ГОСТ 8.051-86), в отраслевых документах (например, РД 34.11.321-96 «Нормы точности измерений технологических параметров тепловых электростанций») и др.

Требования к характеристикам погрешности измерений можно установить исходя из требований к достоверности измерительного контроля (вероятностей ошибок контроля первого и второго рода) или погрешности результатов испытаний.

Часто на практике для установления требований к характеристикам погрешности измерений используют отношение погрешности измерений к допуску на контролируемый параметр (такое отношение должно быть, как правило, не более 0,3; а в обоснованных случаях 0,4-0,5).

Требования к характеристикам погрешности измерений выражают в соответствии с МИ 1317-86, требования к неопределенности – в соответствии с МИ 2552-99.

Условия измерений задают в виде номинальных значений и (или) границ диапазона возможных значений влияющих величин

Кроме того, для разработки методики выполнения измерений могут потребоваться и другие сведения, например, о наличии СИ, в том числе утвержденных типов, и др [5].

Методика выполнения измерений оформленная самостоятельным документом должна содержать:

- титульный лист;
- сведения о разработчике;
- содержание;
- назначение, область применения и нормативные ссылки;
- характеристики погрешности измерений;
- средства измерений, вспомогательные устройства, реактивы и материалы;
- метод измерения;
- требования безопасности и требования квалификации оператора;
- условия измерений;
- отбор, хранение и подготовка проб;
- подготовка к выполнению измерений;
- выполнение измерений;
- контроль воспроизводимости и погрешности результатов;



- оформление результатов измерений.

Разработанная методика выполнения измерений на стенде для определения шероховатости на ступице представлена в приложении Б.

### 4.3 Определение шероховатости на колесе

4.3.1 Поверхности колеса, требующие определение шероховатости. Колесо с рельсой непосредственно образуют пару трения, что путём сцепления передают силу тяги локомотива. Но чем больше передаваемая сила тяги, тем больше увеличивается износ. Поэтому обработка поверхности бандажа и последующий контроль шероховатости является необходимыми процессами для долгой и эффективной работы колёсной пары и всего локомотива.

На колесе необходимо измерять наружную поверхность бандажа и поверхность гребня (реборды)

Схема расположения определяемых поверхностей на колесе представлена на рисунке 12.

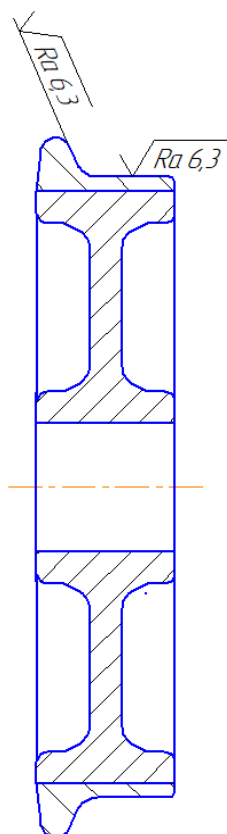


Рисунок 12 – Схема расположения определяемых поверхностей на колесе

Проблема в измерении шероховатости поверхностей колеса заключается в маленькой ширине поверхности и сложной геометрической формы реборды.

4.3.2 Выбор оборудования для измерения шероховатости колеса. Для измерения шероховатости поверхности колеса были найдены следующие приборы: профилометр SRT-6210 с датчиком SRP-120 [7] и профилометр MarSurf M 300 C [6].

Профилометр SRT-6210 представлен на рисунке 13.



Рисунок 13 – Профилометр SRT-6210

Измеритель шероховатости SRT-6210 (профилометр) - это портативный прибор для измерения шероховатости поверхности из серии приборов нового поколения, который имеет высокую точность, широкий диапазон применения, прост и надежен в повседневной эксплуатации. Профилометр может анализировать поверхности различных типов материалов по 4-м различным параметрам шероховатости и передать эти данные на ПК (с помощью дополнительного программного обеспечения). Используется на входном контроле, в цехах и лабораториях. Датчик SRP-120 применяется для измерения шероховатости изделий с изогнутой поверхностью с радиусом кривизны  $>3$  мм. Метрологические характеристики прибора представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Метрологические характеристики прибора SRT-6210

Характеристика	Значение
Измерение по стандартам	ISO 4287; DIN 4768; GB/T 6062; JIS B; ANSI 46.1
Измеряемые параметры шероховатости	Ra; Rz; Rq; Rt
Диапазон измерений по параметрам	Ra, Rg: 0,005...16,0 мкм Rz, Rt: 0,02...160,0 мкм
Допускаемая основная погрешность	$\leq \pm 10\%$
Повторяемость результатов измерений	$\leq 10\%$
Скорость перемещения датчика: отрезок 0,25 мм отрезок 0,8 мм отрезок 2,5 мм возврат датчика в исходное положение	0,135 мм/с 0,5 мм/с 1.0 мм/с 1.0 мм/с

## Окончание таблицы 5

Характеристика	Значение
Характеристики датчика:	
Радиус кривизны контактной иглы	5 мкм
Угол вершины иглы	90°
Вертикальный радиус напр. головки	48 мм
Материал контактной иглы	Алмаз (синтетический)
Усилие нагружения иглы	4 мН
Измерение силы скорости изменения	≤800N/m
Длина перемещения датчика, max	17,5 мм
Длина отрезка перемещения датчика (на выбор)	0,25 мм/ 0.8 мм/ 2,5 мм
Скорость перемещения датчика:	
отрезок 0,25 мм	0,135 мм/с
отрезок 0,8 мм	0,5 мм/с
отрезок 2,5 мм	1.0 мм/с
возврат датчика	1.0 мм/с
Разрешающая способность на отрезке:	
<10 μm	0,001 мкм
≤10...100 μm	0,01 мкм
≥100 μm	0,1 мкм
Профилирующий цифровой фильтр	RC, RC-RC, GAUSS, D-P
Длина оценки значений параметров шероховатости	отсечка 1 – 5 (по выбору пользователя)
Объём памяти	7 групп по 100 значений
Диапазон рабочих температур	от 0 до 50 °С
Относительная влажность воздуха	≤ 80%
Диапазон температур при хранении	от – 25 до 60 °С
Степень точности	класс 3
Электрическое питание	Встроенная аккумуляторная батарея
Габаритные размеры	106 x 70 x 24 мм
Масса прибора	200 г
Цена	119 372 руб

Профилометр MarSurf M 300 C представлен на рисунке 14



Рисунок 14 – Профилометр MarSurf M 300 C

Мобильный профилометр MarSurf M 300 C – это многозадачный прибор для контроля шероховатости поверхности. Данный контроллер шероховатости размером с цифровую фотокамеру предоставляет набор функций аналогичный лабораторному прибору. Профилометр MarSurf M 300 C выделяется продуманной эргономикой и легкостью в использовании, позволяя весомерно экономить время на определение ровности поверхности.

- автоматические установки прибора в соответствии с нормами
- встроенный термопринтер с высоким качеством печати
- распечатка R-профиля термопринтером
- выдача протокола при нажатии клавиши или автоматически
- передача данных результатов измерения на ПК через USB-интерфейс
- обработка результатов параметров согласно ISO/JIS, например, характеристических кривых, списков параметров (например, компонента материала)
- встроенная память для результатов и профилей
- контроль допусков
- распечатка R-профиля (ISO/ASME/JIS), P-профиля (MOTIF), характеристик фракции материала, протокола результатов
- установка несимметричных уровней сечений для пиковых расчётов
- 15 языков
- единицы измерения (мкм/мкдюйм) и нормы (ISO/ASME/JIS/MOTIF) по выбору
- отдельные измерительные участки и отсечки по выбору
- защита установок прибора
- дата и время документирования

Метрологические характеристики прибора MarSurf M 300 C представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Метрологические характеристики прибора MarSurf M 300 C

Характеристика	Значение
Принцип измерения	метод ощупывания
Щуп	Индуктивный опорный щуп
Единицы измерения	возможность выбора единиц: мкм/мкдюймы
Диапазон измерения в мм	0,35
Разрешение профиля	8 нм
Вертикальная шкала	автоматическая/с возможностью выбора
Горизонтальная шкала	в завис. от отсечки шага
Содержимое журнала	R-профиль, MRK, P-профиль (MOTIF), результаты
Фильтр в соответствии с ISO/JIS	Гауссовский фильтр, Ls-фильтр
Укороченный ход в соответствии с ISO/JIS	с возможностью выбора
Длина трассирования в соответствии с ISO 12085 (MOTIF)	1 мм, 2 мм, 4 мм, 8 мм, 12 мм, 16 мм
Длина оценки $l_n$	1,25 мм, 4 мм, 12,5 мм

Окончание таблицы 6

Характеристика	Значение
Число n базовых длин в соответствии с ISO/JIS	с возможностью выбора: от 1 до 5
Скорость контактирования	0,5 мм/с
Наконечник щупа	2 $\mu$ m
Измерительное усилие (Н)	0,00075
ЖК-дисплей	цветной дисплей высокого разрешения, 3,5 дюйма, 320 x 240 пикселей
Печать	регистрация с указанием времени (автоматически/вручную)
Принтер	Термопринтер, 384 точки на горизонтальную строку, 20 символов на строку
Скорость печати	приблиз. 6 строк в секунду соответствует приблиз. 25 мм/с
Функция калибровки	динамическая
Емкость хранилища	встроенная память: до 40 000 результатов, до 30 профилей
Защита паролем	да
Блокировка изменения настроек устройства	да
Управление питанием	да
Интерфейсы	блок привода, источник питания, USB, MarConnect
Относительная влажность	от 30 % до 85 %
Класс защиты	M 300 = IP 42, RD 18 = IP 40
Диапазон температур эксплуатации	+5°... +40 °C
Диапазон температур хранения	-15°... +55 °C
Электропитание	Никель-металлгидридная батарея, емкость: приблиз. 500 измерений (в завис. от числа и длины распечаток протоколов)
Аккумуляторные батареи	Никель-металлгидридная батарея, емкость: приблиз. 500 измерений
Электропитание (широкий диапазон)	Подключаемый блок питания с тремя сменными адаптерами, для напряжения питания от 90 В до 264 В
Габариты (Д x Ш x В) блока привода в мм	139 x 26 мм
Габариты (Д x Ш x В) измерительного прибора в мм	190 x 140 x 75 мм
Вес блока привода	приблиз. 300 г
Вес блока оценки	приблиз. 1 кг
Цена	114 543 руб

Для измерения шероховатости на поверхности колеса был выбран прибор MarSurf M 300 С поскольку он имеет следующие преимущества:

- удобство при использовании
- не требует высокой квалификации измеряющего
- низкая цена

4.3.3 Разработка схемы станда для измерения шероховатости на колесе. Проверяемое колесо устанавливают на оправке в центрах. Измерительный прибор подводят с помощью измерительной стойки. Схема станда для измерения шероховатости на колесе представлена на рисунке 15.

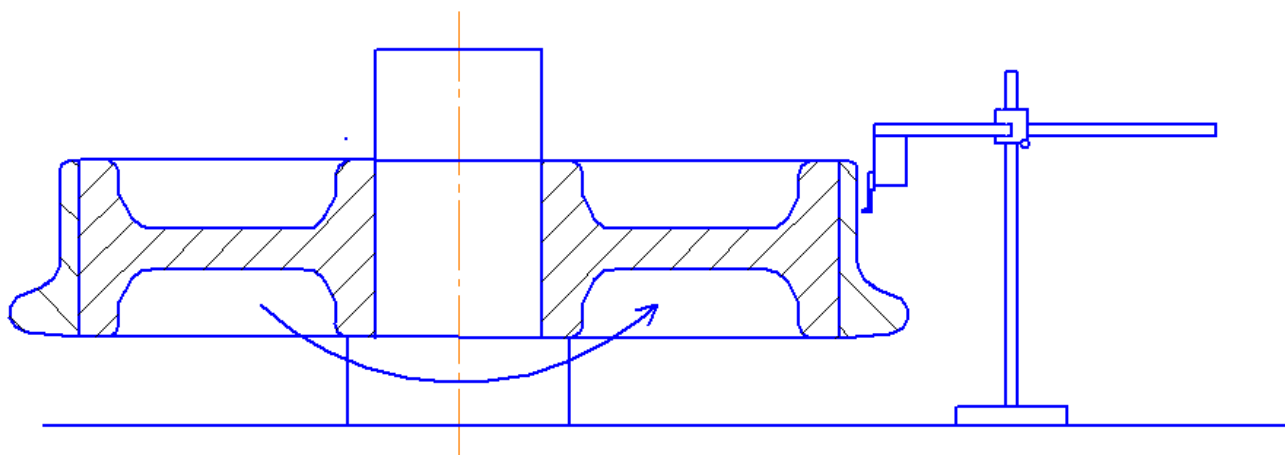


Рисунок 15 – Схема станда для измерения шероховатости на колесе

4.3.4 Разработка методики измерения шероховатости на колесе. Цель разработки и применения методики выполнения измерений - обеспечение выполнения измерений с погрешностью, не превышающей нормы погрешности или приписанной характеристики погрешности (неопределенности) Приписанная характеристика погрешности измерений - характеристика погрешности любого результата совокупности измерений, полученного при соблюдении требований данной методики.

Разработку методики выполнения измерения осуществляют на основе исходных данных, которые включают: назначение методики выполнения измерений, требования к точности измерений, условия выполнения измерений и др. требования к методике выполнения измерений.

Основные исходные данные, как правило, формируются в техническом задании на разработку методики выполнения измерений. Если для разработки методики выполнения измерений имеются достаточные исходные данные, то техническое задание на разработку методики выполнения измерений может не потребоваться.

Для разработки методики выполнения измерений необходимо иметь следующие данные.

В назначении методики выполнения измерений:

- область применения (объект измерений, в том числе наименование продукции и контролируемых параметров, а также область использования - для одного предприятия, для отрасли и т. п.);
- наименование измеряемой величины;
- характеристики измеряемой величины (диапазон и частотный спектр, значения неинформативных параметров и т. д.); при измерении величин, не установленных ГОСТ 8.417-81 в назначении методики выполнения

измерений указывают развернутое определение этих величин либо ссылки на нормативный документ, содержащие такие определения;

- характеристики объекта измерений.

Требования к характеристикам погрешности измерений и (или) характеристикам составляющих погрешности измерений (систематической и случайной составляющим) являются основными исходными требованиями для разработки методики выполнения измерений.

Требования к характеристикам погрешности измерений могут быть регламентированы в нормативных документах: в государственных стандартах (например, ГОСТ 8.051-86), в отраслевых документах (например, РД 34.11.321-96 «Нормы точности измерений технологических параметров тепловых электростанций») и др.

Требования к характеристикам погрешности измерений можно установить исходя из требований к достоверности измерительного контроля (вероятностей ошибок контроля первого и второго рода) или погрешности результатов испытаний.

Часто на практике для установления требований к характеристикам погрешности измерений используют отношение погрешности измерений к допуску на контролируемый параметр (такое отношение должно быть, как правило, не более 0,3; а в обоснованных случаях 0,4-0,5).

Требования к характеристикам погрешности измерений выражают в соответствии с МИ 1317-86, требования к неопределенности – в соответствии с МИ 2552-99.

Условия измерений задают в виде номинальных значений и (или) границ диапазона возможных значений влияющих величин

Кроме того, для разработки методики выполнения измерений могут потребоваться и другие сведения, например, о наличии СИ, в том числе утвержденных типов, и др [5].

Методика выполнения измерений оформленная самостоятельным документом должна содержать:

- титульный лист;
- сведения о разработчике;
- содержание;
- назначение, область применения и нормативные ссылки;
- характеристики погрешности измерений;
- средства измерений, вспомогательные устройства, реактивы и материалы;
- метод измерения;
- требования безопасности и требования квалификации оператора;
- условия измерений;
- отбор, хранение и подготовка проб;
- подготовка к выполнению измерений;
- выполнение измерений;
- контроль воспроизводимости и погрешности результатов;

- оформление результатов измерений.

Разработанная методика выполнения измерений на стенде для определения шероховатости на колесе представлена в приложении В.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- В ходе разработки бакалаврской работы было выполнено следующее:
- изучена работа предприятия и рассмотрена существующая на АО «КрЭВРЗ» метрологическая служба
  - проведён анализ современных средств измерения шероховатости
  - проведено ознакомление со средствами определения шероховатости на АО «КрЭВРЗ»
  - проанализированы приборы для измерения шероховатости поверхности колёсной пары
  - разработаны схемы измерительных стендов и методики измерения на них.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1) Лодырева, Р. П. История ОАО «Красноярский электровагоноремонтный завод» / Р. П. Лодырева // Молодёжь и наука: Сборник материалов VI Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. — Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2011. — С. 1-3.
- 2) АО «КрЭВРЗ». С уверенностью в будущее КрЭВРЗ : книга / АО «КрЭВРЗ». — Красноярск : Буква, 2008. — 160 с.
- 3) ГРСИ РФ 58865 – 14 Приборы для измерений параметров шероховатости поверхности. – Введ. 26.07.2013. – Москва : ФГУП «ВНИИМС», 2013. – 9 с.
- 4) ГРСИ РФ 66898 – 17 Профилемеры поверхности цифровые. – Введ. 16.04.2017. – Москва : ФБУ «Ростест – Москва», 2017. – 4 с.
- 5) ГОСТ Р 8.563 – 2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Методики измерений. – Взамен ГОСТ 8.563 – 96; введ. 01.07.2010. – Москва : Стандартиформ, 2010. – 16 с.
- 6) Производственная измерительная техника «Mahr» : каталог. – Москва, 2016. – 392 с.
- 7) ГРСИ РФ 20669 – 16 Профилометры. – Введ. 21.03.2016. – Москва : ФГУП «ВНИИМС», 2016. – 3 с.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ А**

### **Методика выполнения измерений на стенде для измерения шероховатости на оси**

(изъято, представлен сокращённый вариант)

## **ПРИЛОЖЕНИЕ Б**

### **Методика выполнения измерений на стенде для измерения шероховатости на ступице**

(изъято, представлен сокращённый вариант)

## **ПРИЛОЖЕНИЕ В**

### **Методика выполнения измерений на стенде для измерения шероховатости на колесе**

(изъято, представлен сокращённый вариант)

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Политехнический институт  
Кафедра «Стандартизация, метрология и управление качеством»

УТВЕЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
Секацкий В.С.

подпись  
«04» 06 2019 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**


27.03.01 – Стандартизация и метрология  
Разработка рекомендаций по выбору оборудования  
для измерения шероховатости на АО «КрЭВРЗ»

Руководитель

  
подпись, дата

доцент, канд. техн. наук Титов В.А.

Выпускник

01.07.2019   
подпись, дата

Дингис К.А.

Нормоконтролер

  
подпись, дата

Мерзликина Н.В.

Красноярск 2019