

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 621.317.1

Васюк  
Артур Станиславович

Метрологическое обеспечение локомотивной радиостанции РЛСМ-10

### **АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание степени магистра технических наук  
по специальности 1-38 80 01 «Приборостроение, метрология и  
информационно-измерительные приборы и системы»

Научный руководитель  
Гурский Александр Леонидович,  
доктор физико-математических  
наук,  
профессор

Минск 2019

## ВВЕДЕНИЕ

В наши дни, несмотря на сильную конкуренцию со стороны автомобильного и воздушного транспорта, железные дороги являются самым распространенным средством наземного передвижения больших объемов товаров и материалов.

Для обеспечения необходимой пропускной способности на железной дороге, создания условий для организации оперативного управления перевозками, автоматизации технологических процессов грузовых и пассажирских перевозок, повышения безопасности движения поездов, необходимо оснастить железную дорогу необходимыми средствами связи. Особенно остро в этой необходимости нуждаются подвижные составы и стационарные станции, координирующие работу первых.

Поэтому в связи с необходимостью обеспечения бесперебойной связи с подвижным составом железнодорожного транспорта необходимо обеспечить заданные параметры соответствующей аппаратуры, а также эффективный контроль этих параметров. Данная необходимость реализуется в рамках создания соответствующего метрологического обеспечения, реализуемого согласно действующим нормативным документам. Создание такого метрологического обеспечения позволит с заданной степенью точности контролировать параметры выпускаемых радиостанций, устанавливать их соответствие действующим нормам, и, тем самым, повысить надежность и конкурентоспособность выпускаемой продукции. Существующая необходимость создания метрологического обеспечения и обуславливает актуальность выбранной темы диссертации.

Данная работа посвящена созданию методики выполнения измерений основных эксплуатационных параметров локомотивной радиостанции РЛСМ-10 и оценка точности этих измерений. Для достижения заданной цели была поставлены следующие задачи;

- определение основные факторов, влияющих на точность измерения эксплуатационных параметров данной радиостанции;

- создание методики выполнения измерений основных эксплуатационных параметров;

- изложение и оценка полученных экспериментальных данных.

Объектом исследования в данной работе является локомотивная радиостанция РЛСМ-10.

Предметом исследования являются основные эксплуатационные характеристики РЛСМ-10, такие как, мощность, частота каналов, девиация частот КВ-, УКВ-передатчиков. Помимо данных параметров особое внимание уделяется воздействию механических и климатических факторов на локомотивную радиостанцию.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Для развития экономики любой страны огромную роль играет транспортная система. В республике Беларусь одним из важнейших видов транспортной системы является железная дорога, поскольку на нее приходится 83% грузовых перевозок и около 48% пассажирских перевозок. Являясь основополагающим фактором системы транспорта в стране, железные дороги обладают чрезвычайно важным экономическим, государственным, оборонным и социальным значением.

Услуги железнодорожного транспорта для населения и промышленного сектора должны быть своевременными, качественными и способными полностью удовлетворить потребности, имеющихся у населения, грузоотправителя и грузополучателя.

Одним из условий для достижения необходимого уровня предоставляемых услуг является организация качественной связи. Особое значение связь имеет для работников служб движения. Поэтому связь между работниками подвижного состава и стационарных пунктов должна быть надежной, бесперебойной и своевременной. Для сохранения качественной связи необходим мониторинг и контроль.

Целью данной магистерской диссертации является создание методики выполнения измерений основных эксплуатационных параметров локомотивной радиостанции РЛСМ-10 и оценка точности этих измерений.

Для достижения этой цели были решены следующие задачи:

- рассмотрена нормативно-правовая база в области метрологического обеспечения;
- рассмотрен принцип работы, структурные схемы испытательного оборудования;
- приведены экспериментальные данные с использованием разработанной методики.

Научная новизна работы определяется разработкой методики контроля основных эксплуатационных параметров локомотивной радиостанции РЛСМ-10.

Практическая ценность работы заключается в том, что разработанная методика контроля эксплуатационных параметров является основой для повышения надежности и конкурентоспособности выпускаемой продукции, контроля с заданной степенью точности выпускаемой продукции.

На основе полученных результатов можно сформулировать положения, выносимые на защиту магистерской диссертации:

1. Методика контроля основных эксплуатационных параметров локомотивной радиостанции РЛСМ-10.
2. Экспериментальные данные, полученные в ходе апробации разработанной методики.

Личный вклад магистранта заключается в том, что работа полностью выполнена лично магистрантом на базе его исследований. Вклад научного руководителя А. Л. Гурским заключался в постановке задач и обсуждении полученных результатов.

Результаты работы апробированы на III Международной научно-практической конференции «Вопросы науки и практики – 2018» (Москва, 18 декабря 2018 г.) и опубликованы в материалах этой конференции.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В **первой главе** приводится обзор основных нормативных документов в области метрологического обеспечения, методов измерения основных параметров передатчиков и приемников радиостанций.

В основе метрологической деятельности по решению научных, производственных и любых других задач независимо от их отраслевой направленности лежит единство измерений. Единство измерений – состояние измерений, характеризующееся тем, что результаты выражаются в узаконенных единицах, размеры которых в установленных пределах равны размерам единиц, воспроизводимых первичными эталонами, а погрешности результатов измерений известны и с заданной вероятностью не выходят за установленные пределы.

Обеспечение единства измерений в масштабах страны является общегосударственной метрологической задачей, для решения которой в стране создана система обеспечения единства измерений, деятельность которой в Республике Беларусь регламентируется законодательными и техническими нормативными правовыми актами и осуществляется органами государственной метрологической службы и субъектами хозяйствования.

Основные положения, организация и проведение работ по обеспечению единства измерений установлены в СТБ 8000–2000.

Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь – согласованная, официально признанная организационная и научно-техническая система, представляющая совокупность норм, правил и положений, эталонов и средств измерений, органов и служб, применение и деятельность которых направлена на достижение единства и требуемой точности измерений. Результаты измерений, выполненные в системе обеспечения единства измерений, выражены в узаконенных единицах величин, имеют прослеживаемость до национальных и международных эталонов, гарантированную степень точности и достоверности и являются основанием

для принятия решений в экономике, промышленности, науке, торговле, здравоохранении, охране окружающей среды, оценке и контроле продукции и природных ресурсов, обороне, безопасности, транспорте и связи и других отраслях.

Деятельность по обеспечению единства измерений строится на законодательной, фундаментальной (теоретической), технической и организационной основах, в состав которых входят элементы, взаимоувязанные и взаимодействующие друг с другом, образуя целостность и единство системы.

Организационная структура Системы обеспечения единства измерений Республики Беларусь представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Организационная структура Системы обеспечения единства измерений Республики Беларусь

В Республике Беларусь используются государственные стандарты, написанные еще в советское время, как например ГОСТ 12252-86 "Радиостанции с угловой модуляцией сухопутной подвижной службы". К настоящему времени стандарт устарел и не может в полной мере применяться

к современным радиостанциям, прежде всего к радиостанциям с цифровой передачей данных.

Для адекватного измерения параметров цифровых радиостанций должны применяться специальные стандарты, учитывающие всю специфику цифровой радиосвязи, как например европейский стандарт ETS 300 113, определяющий перечень контролируемых параметров цифровых радиостанций и методики их измерения.

Во **второй** главе рассматриваются принцип действия, структурная схема, технические характеристики локомотивной радиостанции РЛСМ-10.

Локомотивная радиостанция РЛСМ-10 представляет собой современную многофункциональную, многодиапазонную радиостанцию, которая предназначена для управления движением на железной дороге. Радиостанция включается в сеть ОТС ЖД и может работать в 3-х диапазонах. Встроенный приемник ГЛОНАСС/GPS повышает функциональность радиостанции. Радиостанция РЛСМ-10 работает с широким спектром радиостанций, применяемых на железнодорожном транспорте.

Внешний вид РЛСМ-10 приведен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Внешний вид локомотивной радиостанции РЛСМ-10

Радиостанция состоит из следующих блоков:

- модульный блок радиооборудования МБР;
- антенно-согласующее устройство ГМВ диапазона АСУ;
- пульт управления ПУ;
- пульт дополнительный ПД;
- микротелефонная трубка МТТ;
- громкоговоритель ГР;
- антенны МВ диапазона (по согласованию);
- адаптер кабельный АК/АКР
- кабели.

Радиостанция обеспечивает:

- ведение переговоров и работу в режиме передачи данных в диапазонах ГМВ, МВ;
- ведение переговоров с помощью пульта управления ПУ, пульта дополнительного ПД из каждой кабины локомотива;
- подключение внешних устройств ТУ-ТС, аппаратуры передачи данных АПД;
- подключение регистратора переговоров РП;
- подключение к локальной сети через порт Ethernet для мониторинга и конфигурирования;

Радиостанция включается в сеть ОТС ЖД и может работать в 3-х диапазонах:

- ГМВ (2,13, 2,15, 2,444, 2, 464 МГц);
- МВ (151,725...156,000 МГц);
- ДМВ (GSM-R876,0 – 880,0 МГц и 921,0 – 925,0 МГц, GSM 900/1800/1900 МГц).

По основным электрическим параметрам радиостанция соответствует требованиям ГОСТ 12252 для радиостанций второго типа.

Радиостанция работает в симплексном режиме в ГМВ и МВ диапазонах. Выбор рабочего диапазона осуществляется с помощью пультов управления радиостанции.

В ГМВ диапазоне радиостанция обеспечивает работу в режиме одночастотного симплекса на одной из двух частот: 2130 кГц или 2150 кГц, переключаемых оперативно с пультов управления.

В МВ диапазоне радиостанция обеспечивает работу в режиме одно- или двухчастотного симплекса на любой (любой паре) из 172 рабочих частот в диапазоне от 151,725 до 156,000 МГц с разносом частот между соседними каналами 25 кГц.

В **третьей главе** приводится порядок проведения измерений основных эксплуатационных параметров локомотивной радиостанции РЛСМ-10. Также в данной главе приводятся требования к внешним условиям измерений, оборудованию для выполнения измерений.

Проведение измерений параметров радиостанции РЛСМ-10 должны осуществляться при нормальных условиях.

Нормальные климатические условия:

- температура окружающего воздуха – плюс 20 °С;
- относительная влажность воздуха – 50 %;
- атмосферное давление – 90 кПа;
- частота питающей сети – 50 Гц;
- напряжение сети питания – 220 В.

Для выполнения измерений основных параметров радиостанции РЛСМ-10 используется установка К2-82. Установка является портативным измерительным прибором, предназначенным для измерения технических характеристик радиостанций, используемых на железнодорожном транспорте. С помощью этого прибора легко контролировать технические характеристики аппаратуры и поддерживать её в рабочем состоянии. Современные технические решения, которые используются в комплексной измерительной установке К2-82, позволяют своевременно обнаружить проблему и решить её. Возможность

подключать установку к компьютеру позволяет сохранять информацию и повысить качество работы аппаратуры.

Общий вид установки К2-82 приведён на рисунке 3.



Рисунок 3 – Общий вид установки К2-82

Установка является портативным измерительным прибором, предназначенным для измерения технических характеристик радиостанций, используемых на железнодорожном транспорте. Она может найти применение для проверки других радиостанций, работающих в диапазоне частот 2...3 МГц, 150...175 МГц и 300...350 МГц.

Установка обеспечивает измерение: частоты ВЧ и НЧ сигналов, мощности ВЧ сигнала, напряжения НЧ сигнала, девиации частоты, коэффициента гармоник НЧ сигналов и ЧМ сигналов, чувствительности приемника и чувствительности модуляционного входа передатчика.

Основные технические характеристики установки К2-82 представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные технические характеристики установки К2-82

Наименование характеристики	Значение характеристики
1	2
Диапазон измерения частоты ВЧ сигнала К2-82	2...350 МГц
Погрешность измерения частоты сигнала	$\pm (10^{-6} f + 10)$ Гц
Диапазон измерения мощности: – вход «0,1 Вт»	0,002...0,1 Вт

Продолжение таблицы 1

1	2
– вход «20 Вт»	0,08...20 Вт
Погрешность измерения мощности: – в диапазоне частот 2...3 МГц – на других частотах	$\pm 10 \%$ $\pm 15 \%$
Диапазон измерения в телефонном канале пикового и среднеквадратического значения девиации частоты	0,1...10 кГц
Погрешность измерения: – пикового значения девиации частоты – среднеквадрат. значения девиации частоты	$\pm (0,06f+30)$ Гц $\pm (0,1f+30)$ Гц
Диапазон измерения частоты НЧ сигнала	50 Гц ... 20 кГц
Погрешность измерения частоты НЧ сигнала	+/- 1 Гц
Диапазон измерения напряжения НЧ сигнала	0,03...10 В
Погрешность измерения напряжения НЧ сигнал	$\pm (0,05U + N)$ , где N- разрешение индикатора %
Диапазон измерения коэффициента гармоник НЧ сигнала в диапазоне от 300 Гц до 4 кГц	0,5 ... 50
Погрешность измерения коэффициента гармоник НЧ сигнала	$\pm (0,05 K_{г} + 0,1) \%$

В четвертой главе приводятся результаты экспериментальных исследований основных эксплуатационных параметров локомотивной радиостанции РЛСМ-10.

Параметры радиостанции РЛСМ-10 измерялись с помощью установки К2-82. Параметры, которые измерялись с помощью установки:

- чувствительность КВ, УКВ-приемников;
- коэффициент гармоник КВ, УКВ-приемников;
- уровень приема КВ, УКВ-приемников;
- мощность КВ, УКВ-передатчиков;
- частота КВ, УКВ-передатчиков;
- девиация частоты КВ, УКВ-передатчиков.

Измерения проводились с десятью образцами выпускаемой радиостанции РЛСМ-10. В работе представлены результаты измерений одного из десяти образцов. Стоит отметить, что измерения проводились как в

нормальных климатических условиях, так и при пониженной ( $- 40^{\circ}\text{C}$ ) и повышенной ( $+ 55^{\circ}\text{C}$ ) температурах.

Полученные результаты исследований свидетельствуют о том, что изделия выпускаемой радиостанции способны сохранить работоспособность при различных климатических условиях и выполнять заявленные производителем функции и задачи.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе проведен обзор существующих нормативных документов, регламентирующие область метрологического обеспечения в Республике Беларусь. Рассмотрены государственные и зарубежный стандарты, которые определяют методы измерения основных параметров приемников и передатчиков аналоговых и цифровых радиостанций.

Рассмотрены устройство и принцип работы, технические характеристики локомотивной радиостанции РЛСМ-10, параметры которой в дальнейшем исследовались.

Рассмотрены принцип действия и технические характеристики установки К2-82, с помощью которой проводились измерения параметров радиостанции РЛСМ-10.

Разработан алгоритм проведения измерений чувствительности, коэффициента гармоник, уровня приема, мощности, частоты и девиации частоты КВ-, УКВ-приемников. Этот алгоритм включает в себя порядок подключения измерительной установки и радиостанции, и последующие инструкции по измерению параметров радиостанции.

Практическая ценность заключается в том, что разработанная и исследованная методика проведения измерений параметров радиостанции является основой для контроля работоспособности образцов выпускаемой радиостанции.

Результаты выполненной работы были апробированы на III Международной научно-практической конференции «Вопросы науки и практики – 2018» (Москва, 18 декабря 2018 г.) и опубликованы в материалах этой конференции.

## **СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**

1 Васюк, А.С. Метрологическое обеспечение локомотивной радиостанции РЛСМ-10: материалы III Международной научно-практической конференции «Вопросы науки и практики – 2018» – Москва, 2018 – С. 172-175.