

## *Техническая диагностика и прогнозирование*

УДК 681.518.5+656.25

**В. В. Дмитриев,  
Д. М. Смирнов**

Кафедра «Автоматика и телемеханика на железных дорогах»,  
Петербургский государственный университет путей сообщения  
Императора Александра I

### **РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛОКОМОТИВНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ НА БАЗЕ СОВРЕМЕННОГО СМАРТФОНА**

С усложнением устройств и систем железнодорожной автоматики и телемеханики усложняются и измерительные средства. Они оснащаются производительными вычислителями (микроконтроллерами), сложными DSP (цифровыми сигнальными процессорами) или ADC (АЦП), а также различными проводными и беспроводными интерфейсами. Помимо этого, современные носимые измерительные устройства имеют усовершенствованные средства отображения информации. Все это сказывается на стоимости и сложности конечного изделия.

В статье предлагается подход к реализации измерительного прибора на базе мобильного устройства (смартфон, планшетный компьютер). Благодаря использованию такого подхода можно значительно снизить стоимость производства измерительных устройств. Доказательством эффективности данного решения может являться разработанное авторами устройство анализа сигналов, передаваемых в рельсовой цепи, которое имеет меньшую себестоимость, чем коммерческие аналоги, и возможности функционального расширения. В качестве первого этапа разработки рассматривается процесс моделирования эталонных сигналов различных кодов автоматической локомотивной сигнализации непрерывного действия, что важно при создании устройств автоматического анализа характеристик кодов в рельсовых цепях. Приводится обзор существующих измерительных средств. Строится модель устройства контроля параметров автоматической локомотивной сигнализации непрерывного действия на базе смартфона. Предполагается, что в новом устройстве будет использоваться смартфон со специальным программным обеспечением для отображения информации. Подобная структура позволит удешевить продукт и откроет большие возможности анализа получаемой информации, так как современные смартфоны являются высокопроизводительными.

автоматическая локомотивная сигнализация непрерывного действия; устройство контроля параметров автоматической локомотивной сигнализации непрерывного действия; контроль кодов; смартфон

## Введение

Перевозочный процесс на железнодорожном транспорте сложен из-за своей динамичности, взаимной обусловленности ритма работы его участников, непрерывно меняющихся ситуаций и воздействий многих дестабилизирующих факторов. Перевозочный процесс нуждается в оптимизации. По этой причине инженеры, работающие на железнодорожном транспорте, постоянно заняты разработкой новых технических решений. Одной из их основных задач является увеличение пропускной способности железнодорожных линий и при этом (по возможности) повышение безопасности движения.

Для решения этой задачи необходимо корректное регулирование движения поездов. Именно этим и «занимаются» разрабатываемые устройства автоматики и телемеханики. Основной функцией этих устройств является создание условий, при которых исключается возможность столкновения поездов с препятствием или сход поезда с пути при превышении разрешенной скорости. Достигается это при помощи комплекса устройств железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ), регулирующего скорость, в зависимости от поездной обстановки, конструктивной особенности вагонов, состояния следующего попутного светофора и т. д. [1, 2].

Для обеспечения безопасности движения поездов на перегонах используются системы путевой блокировки и авторегулировки [3, 4]. В настоящее время для регулирования движения поездов на перегоне существуют системы полуавтоматической и автоматической блокировки, а также системы с использованием радиоканалов и системы, использующие спутниковую навигацию. На участках с интенсивностью движения, превышающей 24 пары поездов в сутки, устанавливают системы автоматической блокировки. Все современные системы автоблокировки основаны на пространственном разграничении поездов. Это становится возможным благодаря рельсовым цепям, контролирующим местонахождение поезда, и светофорам, передающим необходимую информацию машинисту. В зависимости от количества сигнальных показаний на проходных светофорах системы автоматической блокировки бывают двужначные, трехзначные и четырехзначные.

В условиях постоянно растущих темпов скоростей и необходимости увеличивать интенсивность движения появилась необходимость разработки дополнительных систем. Одной из них является автоматическая локомотивная сигнализация (АЛС). АЛС помогает избежать опасных ситуаций при движении поезда. Данная система помогает машинисту максимально правильно и эффективно выполнять свои функции, а в случае ошибочного действия – произвести корректировку действий или автоматически остановить поезд.

Для выполнения задач, возложенных на эту систему, требуется передавать машинисту информацию, обеспечивающую безопасность движения. Сообщения о состоянии путевых светофоров или свободности блок-участка

на бортовые устройства движущегося локомотива передаются с помощью электрических сигналов, идущих по рельсовой цепи и поступающих на эти устройства через приемные катушки. Устройства приема и передачи кода упрощенно представлены на рис. 1.

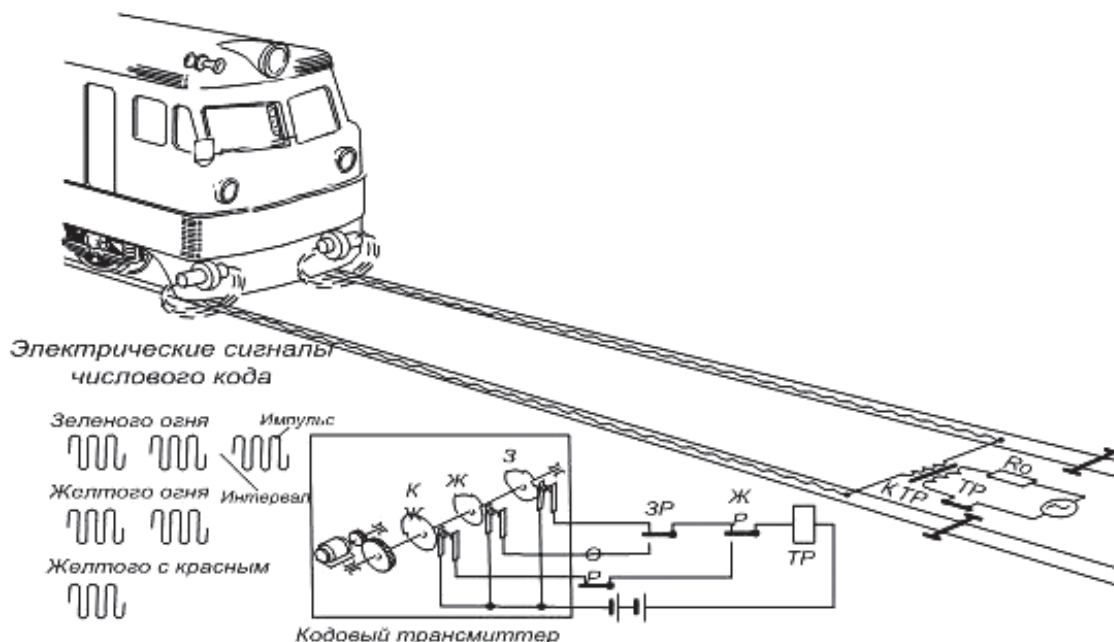


Рис. 1. Упрощенная структура АЛС

Передаваемая информация проходит четыре стадии:

- генерация в путевых устройствах;
- передача на бортовые устройства локомотива;
- расшифровка;
- непосредственное ее применение.

В зависимости от совершенства путевого и локомотивного оборудования эта информация реализуется при различной степени участия человека.

## 1 Система АЛСН

В настоящее время одной из самых распространенных систем АЛС является автоматическая локомотивная сигнализация непрерывного действия (АЛСН).

Система АЛСН разработана и построена на основе использования числовой кодовой автоблокировки. Несомненно, эта система имеет ряд недостатков, не позволяющих использовать ее в качестве основного средства регулирования движения на участках без проходных светофоров. Но нельзя не учитывать то, что данная система успешно работает примерно на 60% железных дорог

России и положительно зарекомендовала себя более чем за 45 лет существования.

Система АЛСН основана на передаче кодов на локомотив. Они вырабатываются с помощью кодового путевого трансмиттера (КПТШ). Его работа основана на вращении вала с кулачками, которые коммутируют контакты. Внешний вид и внутренняя структура устройства показаны на рис. 2.

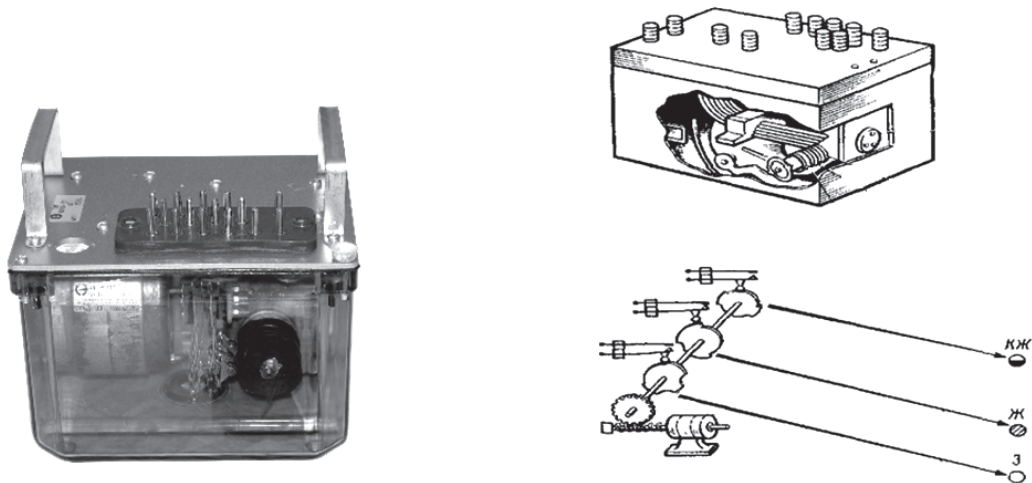


Рис. 2. Кодовый путьевой трансмиттер

Существует несколько типов КПТШ. Наиболее распространенными являются КПТШ-5, КПТШ-7, однако бывают и другие модификации. Каждая из модификаций вырабатывает три разновидности кода. Различные виды КПТШ вырабатывают сигналы, похожие по структуре, но различные по временным параметрам. Например, на рис. 3 изображены структура и временные параметры сигнала, сформированные КПТШ-5.

Обозначение кода	Продолжительность импульсов и интервалов						
Код З	0,03	0,35	0,12	0,22	0,12	0,22	0,57
Код Ж	0,38	0,12	0,38	0,72			
Код КЖ	0,23	0,57	0,23	0,57	1,6		
					1,6		

Рис. 3. Временные параметры вырабатываемых кодов

В целом АЛСН является надежной системой, однако большое количество нарушений нормальной работы, сбоев кодов, экстренных торможений происходит из-за неправильной работы устройств. По своей структуре электрические сигналы АЛСН – дискретные, состоящие из импульсов и интервалов между ними [5, 6]. Информационным значением является число импульсов в сигнале. Искажения сигналов, которые могут приводить к неправильному приему, состоят из укорочения или удлинения импульсов и интервалов, заполнения длинного интервала и численных нарушений. Такие искажения могут происходить по различным причинам – например, нестабильности параметров передающих приборов и рельсовой цепи, падения напряжения питания двигателя КППШ, износа рабочих шайб, неисправности реле ТШ, внешних помех и др.

Для контроля кодов АЛСН на железных дорогах Российской Федерации используются как системы автоматизированного технического диагностирования, такие как «Аппаратно-программный комплекс диспетчерского контроля» [7–12], так и устройства ручного измерения параметров. Для определения параметров кодов АЛС в настоящее время используется специальный прибор под названием «Измеритель временных параметров автоматической локомотивной сигнализации» (ИВП АЛСНм) (рис. 4).

Для измерения параметров кодов АЛСН индукционные катушки, которые входят в комплект этого устройства, необходимо установить на головку рельса, предварительно подключив к прибору [13], затем запустить его. После того как он проанализирует полученные данные с рельсов, на экране появится необходимая информация.

Функциями прибора являются:

- измерение временных параметров кодовых сигналов АЛСН на частотах 25, 50, 75 Гц;
- измерение времени замедления реле на отпадание якоря от 10 мс до 10 с;
- декодирование сигналов АЛС-ЕН.

Прибор ИВП АЛСН обеспечивает измерение и индикацию временных параметров кодовых сигналов АЛСН:

- со свободных контактов КППШ, ТШ и др.;
- с рельсов при импульсах постоянного или переменного тока.

Однако при таком большом количестве функций и возможностей применения у данного прибора имеется значительный недостаток – стоимость. Один экземпляр ИВП АЛСНм в розничной торговле можно купить по цене от 23 тыс. руб.



Рис. 4. Внешний вид прибора ИВП АЛСНм



Поэтому возникла идея разработать устройство, имеющее подобные функции, попытаться избавиться от недостатков и наделить его новыми возможностями, которые улучшат его работу и облегчат использование.

Основные цели, которые мы ставили перед разработкой:

- иметь возможность измерять временные параметры АЛСН;
- сделать устройство как можно дешевле в производстве;
- сделать его наиболее компактным, тем самым дав возможность иметь его всегда «под рукой».

## **2 Моделирование сигналов АЛСН**

### **2.1 Проведение эксперимента на реальной рельсовой цепи**

Для того чтобы осознать различие между теоретическим и практическим представлением тех сигналов, с которыми предстоит работать, был произведен эксперимент, в процессе которого с реальных рельсовых цепей были сняты осциллограммы передаваемых в реальном времени кодовых комбинаций АЛСН. Было получено множество полезных для разработки осциллограмм. Оценен уровень помех, наводящихся на рельсовую линию, а также множество других факторов. Примеры полученных осциллограмм для трех вариантов кодов представлены на рис. 5.

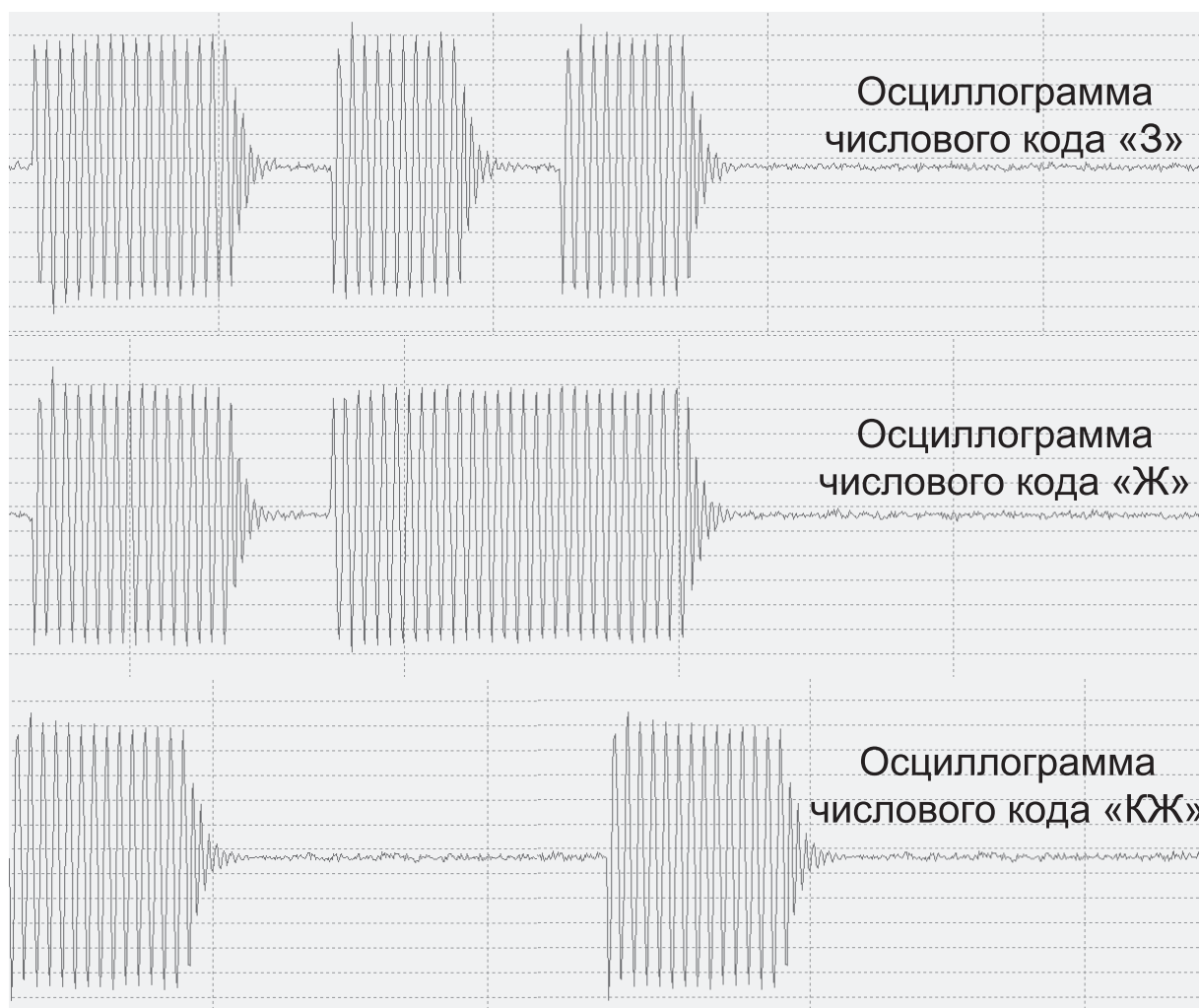
В процессе эксперимента были обнаружены значительные искажения в структуре числового кода, которые, возможно, могут привести к кратковременным сбоям кода. Само искажение представляет собой изменение формы и временных параметров сигнала 3. Осциллограмма этого искажения представлена на рис. 6.

### **2.2. Моделирование**

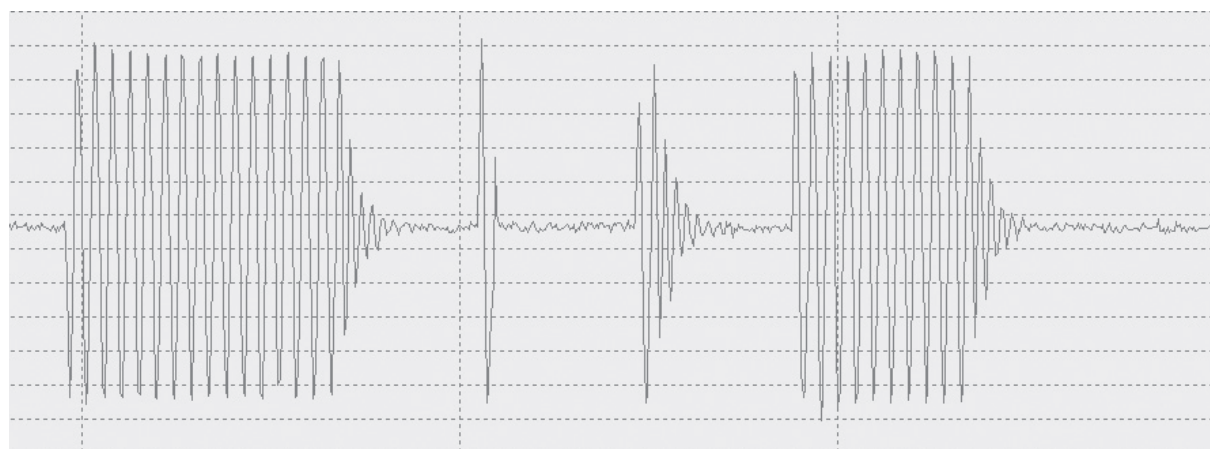
После получения формы реального сигнала была поставлена следующая задача: разработать и построить виртуальную схему, которая будет вырабатывать сигналы, повторяющие по форме и временным параметрам идеальные кодовые послылки КПТШ.

Моделирование было решено выполнять в специализированной программе. После анализа нескольких неудачных примеров упрощенной схемы КПТШ было найдено решение, которое позволяло получать на выходе схемы необходимые идеальные кодовые комбинации. Построенная схема представлена на рис. 7.

Основной задачей моделирования было не создание точной копии кодового путевого трансмиттера, а упрощенного аналога, который сможет



**Рис. 5.** Осциллограммы, полученные в ходе эксперимента



**Рис. 6.** Осциллограмма искаженного кода 3

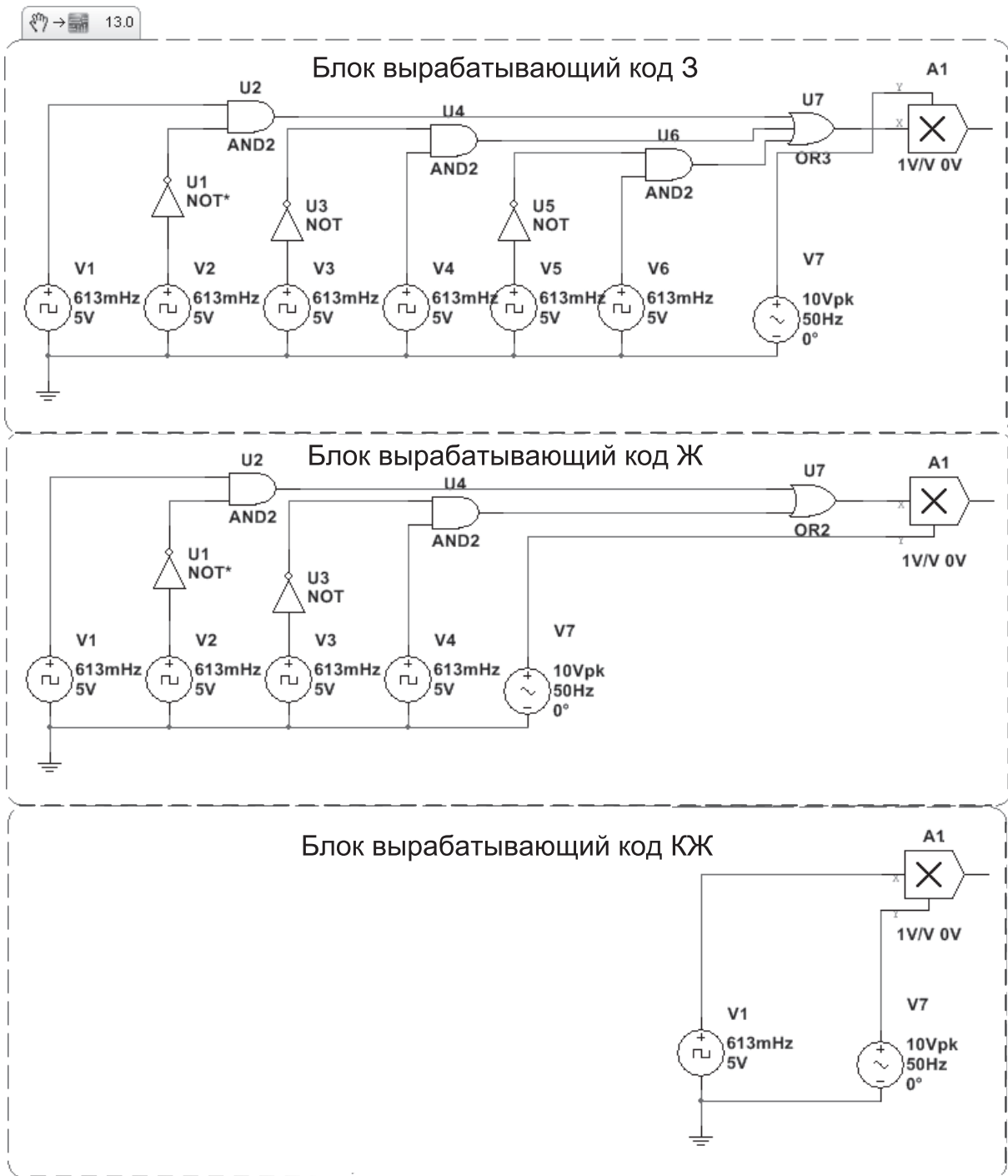


Рис. 7. Схема для моделирования

воспроизводить точные копии идеальных сигналов АЛСН. Таковой и стала новая схема. Создание этой схемы в значительной мере позволило упростить разработку устройства, благодаря тому что большую часть испытаний стало возможно проводить на компьютере.

Для осуществления работы схемы каждая кодовая комбинация разделяется на отдельные составляющие, затем каждую из этих составляющих поручалось вырабатывать определённому генератору прямоугольных импуль-



сов путем выполнения некоторых операций, которые можно осуществлять с помощью базиса алгебры логики {И;ИЛИ;НЕ}. Таким образом происходит построение кода. Все три кода можно вырабатывать одновременно. Сигналы, полученные в процессе работы этой схемы, приведены на рис. 8.

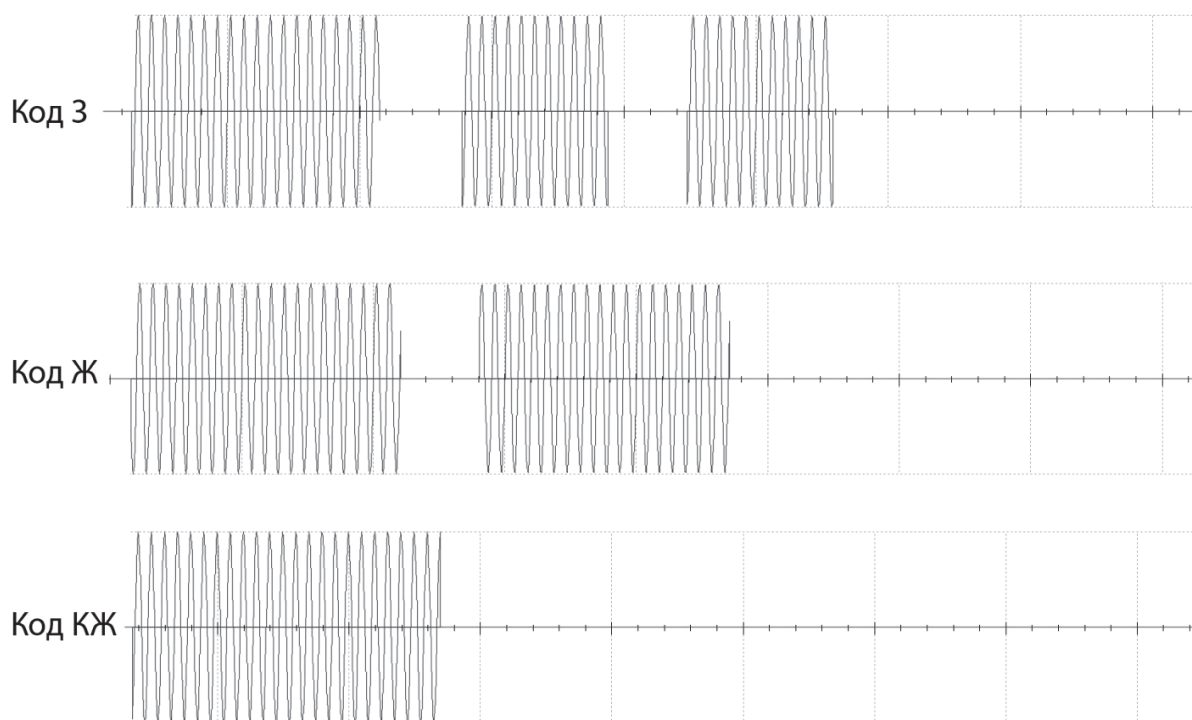


Рис. 8. Сигналы, выработанные КПП

### 3 Разработка устройства

Исходя из того, что приоритетным было изготовление дешевого, функционального, компактного и удобного в использовании устройства, было решено основную часть выполняемых функций реализовать на программном уровне. А для того, чтобы стоимость не выросла в разы, – использовать ту «ЭВМ», которая есть практически у каждого – смартфон или планшетный компьютер.

Использование мобильного устройства как основной вычислительной единицы существенно упрощает весь процесс разработки, производства и эксплуатации изделия. Исходя из этого можно сделать вывод: необходимо как-то подключить мобильное устройство к источникам кода, а значит – разработать устройство сопряжения.

Структурная схема подключения мобильного устройства к рельсам с помощью устройства сопряжения представлена на рис. 9.

Благодаря этой структуре становится понятно, что основной частью разработки является устройство сопряжения, позволяющее подключить мобильное устройство к рельсовой линии.

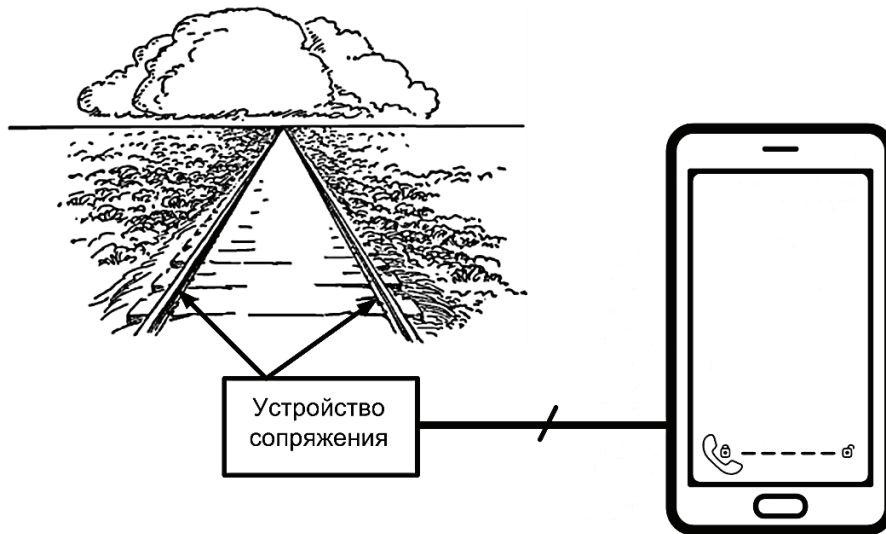


Рис. 9. Структурная схема подключения

В процессе разработки было предложено несколько вариантов схем. Решение об использовании конкретной схемы пока не принято. Каждая из них обладает множеством определенных достоинств, но в то же время и некоторыми недостатками. В данной статье представлена одна из рассматриваемых схем (рис. 10).

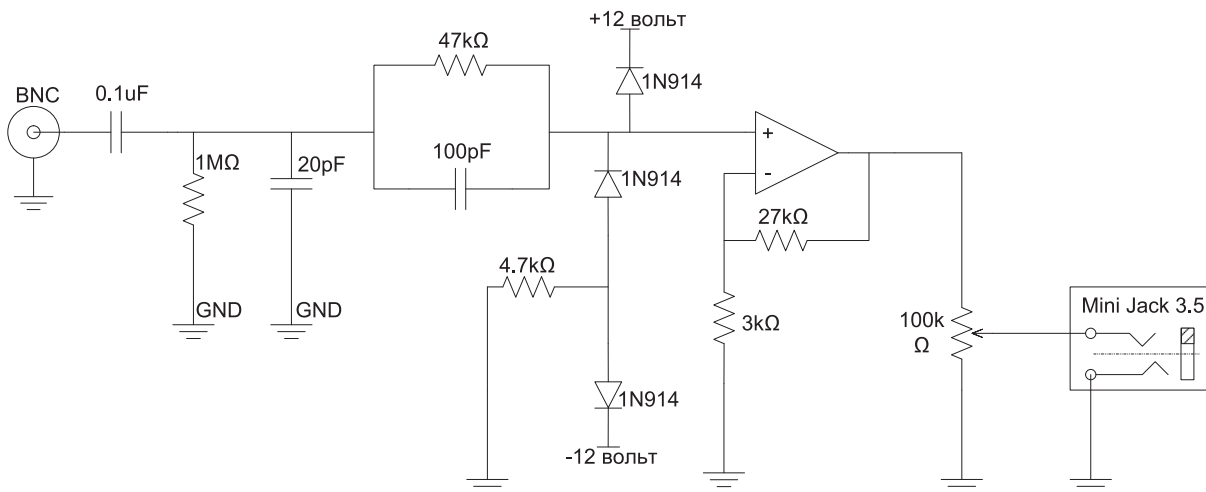


Рис. 10. Схема устройства сопряжения, основанная на операционном усилителе

Были проведены испытания одной из схем на рельсовой цепи в реальных условиях – на станции Балтийский вокзал Октябрьской железной дороги.

Процесс измерения происходит следующим образом. Перед началом измерений необходимо подготовить к работе устройство, а именно подключить измерительные щупы к устройству сопряжения, а само устройство – непосредственно к смартфону. Затем запустить предустановленное программное

обеспечение. После выполнения описанных выше действий устройство готово к работе. Это значит, что теперь можно подключить его к головке рельса для проведения измерений (рис. 11).



**Рис. 11.** Измерения в реальных условиях

С момента подключения щупов к рельсам начинает работать программа, описанная алгоритмом, представленным на рис. 12.

К сожалению, в настоящий момент разработка программного обеспечения не закончена. Однако испытания устройства дали отличные результаты. На рис. 13 показана одна из осциллограмм, полученных с помощью устройства в реальном времени.

Важно отметить, что качество полученного сигнала находится на высоком уровне. Это свидетельствует о том, что дальнейший анализ работы рельсовых цепей и АЛС тоже будет выполнен на должном уровне.

## Заключение

Можно отметить, что сигнал, полученный с использованием разработанного устройства, практически не отличается от сигнала, полученного с помощью осциллографа. Это свидетельствует о корректной работе устройства и позволяет сделать вывод о том, что при правильном описании алгоритма работы мы получим устройство, выполняющее все необходимые функции.

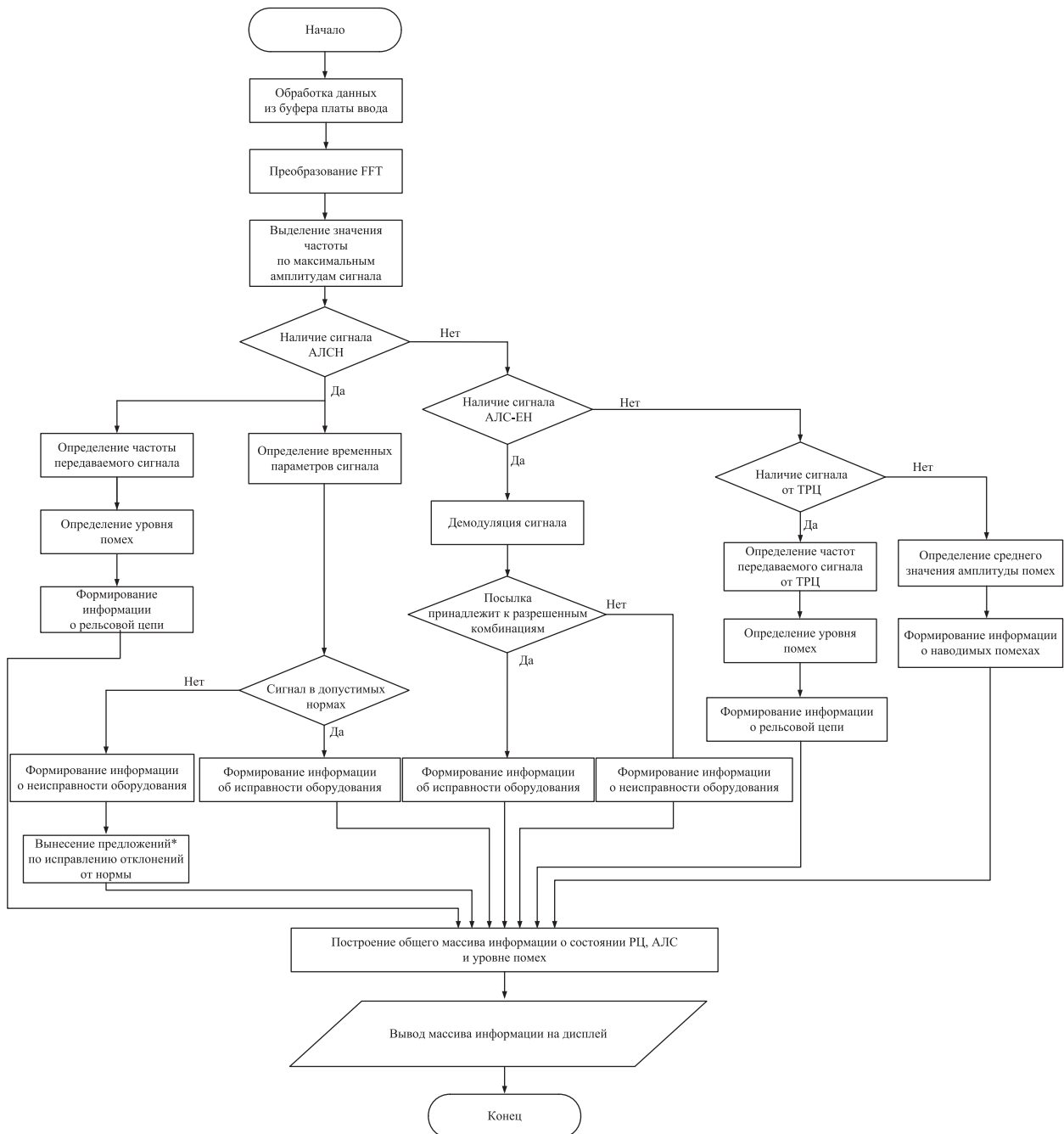


Рис. 12. Алгоритм работы ПО

При дальнейшей разработке программного обеспечения в него будут добавлены функции определения передаваемого кода, типа КППТШ, информирования о неисправности (отклонение временных параметров от нормы). Для более точной работы в прибор необходимо внести некоторые изменения, касающиеся настройки устройства сопряжения, корректировки алгоритма обработки сигналов и др.

По завершении этого этапа данное устройство пройдет все необходимые проверки. Для внедрения на сети железных дорог оно должно будет пройти сертификацию на соответствие определенным требованиям.

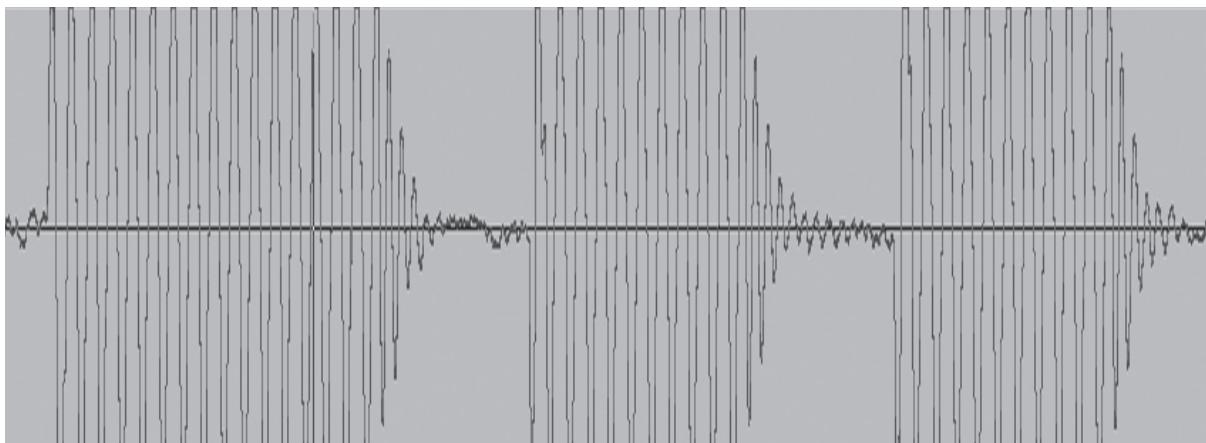


Рис. 13. Сигнал, полученный с помощью устройства сопряжения

## Библиографический список

1. Федоров Н. Е. Современные системы автоблокировки с тональными рельсовыми цепями : учеб. пособие / Н. Е. Федоров. – Самара : СамГАПС, 2004. – 132 с.
2. Дмитриев В. С. Системы автоблокировки с рельсовыми цепями тональной частоты / В. С. Дмитриев, В. А. Минин. – М. : Транспорт, 1992. – 182 с.
3. Брылеев А. М. Автоматическая локомотивная сигнализация и авторегулировка : справочник / А. М. Брылеев, О. Поупе, В. С. Дмитриев, Ю. А. Кравцов, Б. М. Степенский. – М. : Транспорт, 1981. – 320 с.
4. Епифанова Е. П. Системы интервального регулирования движения поездов на перегонах : учеб. пособие / Е. П. Епифанова, А. Г. Прохоренко, А. С. Яковлева. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2013. – 87 с.
5. Леонов А. А. Техническое обслуживание автоматической локомотивной сигнализации / А. А. Леонов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1982. – 255 с.
6. Блюдов А. А. Особенности разработки безопасной микросистемной аппаратуры кодирования рельсовых цепей / А. А. Блюдов // Сб. тр. науч.-практ. конференции «Проблемы безопасности и надежности микропроцессорных комплексов» ; под ред. Вал. В. Сапожникова. – СПб. : ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2015. – С. 88–94.
7. Федорчук А. Е. Новые информационные технологии: автоматизация технического диагностирования и мониторинга устройств ЖАТ (система АДК-СЦБ) : учебник для вузов ж.-д. транспорта / А. Е. Федорчук, А. А. Сепетый, В. Н. Иванченко. – Ростов н/Д : РГУПС, 2008. – 444 с.
8. Молодцов В. П. Системы диспетчерского контроля и мониторинга устройств железнодорожной автоматики и телемеханики : учеб. пособие / В. П. Молодцов, А. А. Иванов. – СПб. : Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2010. – 140 с.
9. Ефанов Д. В. Основы построения и принципы функционирования систем технического диагностирования и мониторинга устройств железнодорожной ав-



- томатики и телемеханики : учеб. пособие / Д. В. Ефанов, А. А. Лыков. – СПб. : Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2012. – 59 с.
10. Ефанов Д. В. Непрерывное диагностирование устройств СЦБ / Д. В. Ефанов, П. А. Плеханов // Автоматика, связь, информатика. – 2012. – № 6. – С. 18–20.
  11. Лыков А. А. Техническое диагностирование и мониторинг состояния устройств ЖАТ / А. А. Лыков, Д. В. Ефанов, С. В. Власенко // Транспорт Российской Федерации. – 2012. – № 5 (42). – С. 67–72.
  12. Ефанов Д. В. Становление и перспективы развития систем функционального контроля и мониторинга устройств железнодорожной автоматике и телемеханики / Д. В. Ефанов // Автоматика на транспорте. – 2016. – Т. 2. – № 1. – С. 124–148.
  13. Устройства СЦБ технология обслуживания: сборник карт технологических процессов: в 4 ч. Ч. 3. – URL : [http://static.scbist.com/scb/uploaded/1469\\_1384856469.pdf](http://static.scbist.com/scb/uploaded/1469_1384856469.pdf).

*Vyacheslav V. Dmitriev,  
Dmitry M. Smirnov*

«Automation and remote control on railways» department,  
Emperor Alexander I St. Petersburg state transport university

### **Design of parameter control device for continuous automatic train signaling system on the base of a modern smartphone**

With the increasing complexity of railway automation and remote control devices and systems, the complexity of measuring tools also increases. They are equipped with a productive calculators (micro controller units), complex DSP (digital signal processors), or ADC (analog-to-digital coder) and also with various wired and wireless interfaces. In addition, modern portable measuring tools have advanced display devices. All above-mentioned facts have an influence on the cost and complexity of the final product.

The article proposes an approach to the realization of the measuring tool on the basis of a mobile device (smartphone, tablet). Due to the use of this approach it is possible to significantly reduce the manufacturing cost of measuring tools. The developed analysis device of signals, transmitted within track circuit, with lower manufacturing cost than commercial counterparts and capability of functional expansion can be considered as an evidence of the efficiency of such solution. At the first stage of development reference signals simulation process was covered for different codes of continuous automatic train signaling (CATS), that is important while creating a device for automatic analysis of codes characteristics of track circuits. The article provides the review of existing measuring tools. The model of CATS parameter controlling device are developing on the base of the smartphone.



It is expected that this new device will use a smartphone with special software to information display. Such structure will reduce the product costs, and will open up great opportunities for analysis of obtained information because modern smartphones are highly productive.

continuous automatic train signaling; CATS parameter control device; code testing; smartphone

### References

1. Fedorov N. E. (2004). Modern automatic blocking systems with audio frequency track circuits [Sovremennyye sistemy avtoblokirovki s tonal'nymi rel'sovymi tsepyami]: textbook. Samara, SamGAPS, 132 p.
2. Dmitriev V. S., Minin V. A. (1992). Automatic blocking systems with audio frequency track circuits [Sistemy avtoblokirovki s rel'sovymi tsepyami tonal'noy chastoty]. Moscow, Transport, 182 p.
3. Bryleev A. M., Poupe O., Dmitriev V. S., Kravtsov Yu. A., Stepensky B. M. (1981). Automatic train signals and control [Avtomaticeskaya lokomotivnaya signalizatsiya i avtoregulirovka]: reference book. Moscow, Transport, 320 p.
4. Epifanova E. P., Prokhorenko A. G., Yakovleva A. S. (2013). Systems of train separation on spans [Sistemy interval'nogo regulirovaniya dvizheniya poyezdov na peregonakh]: textbook. Khabarovsk, Publishing house DVGUPS (izdatel'stvo DVGUPS), 87 p.
5. Leonov A. A. (1982). Maintenance of automatic train signals [Tekhnicheskoye obsluzhivaniye avtomaticeskoy lokomotivnoy signalizatsii], 5th edition, revised and enlarged. Moscow, Transport, 255 p.
6. Blyudov A. A. (2015). Particularities of development of reliable microelectronic hardware for track circuits coding [Osobennosti razrabotki bezopasnoy mikroelektronnoy apparatury kodirovaniya rel'sovykh tsepey], Proceedings of science and practical conference «Safety and reliability problems of microprocessor-based complexes» (Sbornik trudov nauchno-prakticheskoy konferentsii: «Problemy bezopasnosti i nadezhnosti mikroprotsessornykh kompleksov»); under the editorship of V. I. Sapozhnikov. St. Petersburg, PSTU (PGUPS), pp. 88–94.
7. Fedorchuk A. E., Sepety A. A., Ivanchenko V. N. (2008). New information technologies: automation of technical diagnostics and monitoring of ZhAT devices (ADK-SCB system) [Novyye informatsionnyye tekhnologii: avtomatizatsiya tekhnicheskogo diagnostirovaniya i monitoringa ustroystv ZhAT (sistema ADK-STsB)]: textbook for vocational training and colleges of railway transport. Rostov-on-Don, RGUPS, 444 p.
8. Molodtsov V. P., Ivanov A. A. (2010). Dispatching control and railway automation and remote control monitoring systems [Sistemy dispetcherskogo kontrolya i monitoringa ustroystv zheleznodorozhnoy avtomatiki i telemekhaniki]: textbook. St. Petersburg, PSTU (PGUPS), 140 p.
9. Efanov D. V., Lykov A. A. (2012). Fundamentals of architecture and principles of operations of technical diagnosis and monitoring systems for railway automation and remote control devices [Osnovy postroyeniya i printsipy funktsionirovaniya

- sistem tekhnicheskogo diagnostirovaniya i monitoringa ustroystv zheleznodorozhnoy avtomatiki i telemekhaniki]: textbook. St. Petersburg, Peterburg state transport university (Peterburgskiy gosudarstvennyy universitet putey soobshcheniya), 59 p.
10. Efanov D. V., Plekhanov P. A. (2012). Continuous diagnostics of STsB devices [Neprreryvnoye diagnostirovaniye ustroystv STsB], Automation, communication, information science (Avtomatika, svyaz', informatika), issue 6, pp. 18–20.
  11. Lykov A. A., Efanov D. V., Vlasenko S. V. (2012). Technical diagnosis and monitoring of ZhAT devices state [Tekhnicheskoye diagnostirovaniye i monitoring sostoyaniya ustroystv ZhAT], Transport of the Russian Federation (Transport Rossiyskoy Federatsii), issue 5 (42), pp. 67–72.
  12. Efanov D. V. (2016). Formation and future of development of concurrent error detection and monitoring systems of railway automation and remote control devices [Stanovleniye i perspektivy razvitiya sistem funktsional'nogo kontrolya i monitoringa ustroystv zheleznodorozhnoy avtomatiki i telemekhaniki], Automation on transport (Avtomatika na transporte), vol. 2, issue 1, pp. 124–148.
  13. StsB devices: maintenance technology [Ustroystva STSB tekhnologiya obsluzhivaniya]: Collection of flow-process charts (Sbornik kart tekhnologicheskikh protsessov): in 4 parts, part 3 (2013), 376 p., [http://static.scbist.com/scb/uploaded/1469\\_1384856469.pdf](http://static.scbist.com/scb/uploaded/1469_1384856469.pdf).

*Статья представлена к публикации членом редколлегии М. Н. Василенко  
Поступила в редакцию 15.07.2016, принята к публикации 11.09.2016*

*ДМИТРИЕВ Вячеслав Владимирович* – ассистент кафедры «Автоматика и телемеханика на железных дорогах» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I.  
e-mail: [webus@pisem.net](mailto:webus@pisem.net)

*СМИРНОВ Дмитрий Михайлович* – студент факультета «Автоматизация и интеллектуальные технологии» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I.  
e-mail: [dismiro@icloud.com](mailto:dismiro@icloud.com)

© Дмитриев В. В., Смирнов Д. М., 2017