

АВТОМАТИКА  
СВЯЗЬ  
ИНФОРМАТИКА

АСИ

ЖУРНАЛ ИЗДАЁТСЯ С 1923 ГОДА

В НОМЕРЕ:

О ПОВЫШЕНИИ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ОБСЛУЖИВАНИЯ  
УСТРОЙСТВ ЭЦ

стр. 2

ОПТИМИЗАЦИЯ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ЧАСТОТНОГО  
СПЕКТРА

стр. 9

С Новым  
годом!



РЖД

1 (2025) ЯНВАРЬ

Ежемесячный научно-теоретический  
и производственно-технический журнал  
ОАО «Российские железные дороги»





# В АВАНГАРДЕ НАУЧНОЙ КОММУНИКАЦИИ

Дорогие наши читатели и коллеги! Наступил Новый 2025 год! И снова каждый из нас надеется, что он будет удачнее и счастливее предыдущего, и жизнь будет наполнена радостными событиями и достижениями. Да, прошедший год был во всех отношениях непростым. Но, исходя из жизненного опыта, могу сказать, что все вокруг меняется довольно быстро. Давайте попытаемся представить, что нас ждет в ближайшее время.

Стремительное развитие цифровых технологий в различных сферах производства увеличивает влияние науки на уровень жизни человека. Информация об инновационных разработках в той или иной отрасли перестала распространяться исключительно внутри нее и стала доступна для широкой аудитории.

Президент России В.В. Путин объявил 2022–2031 годы Десятилетием науки и технологий. В этот период пройдет много просветительских мероприятий с участием ведущих деятелей науки и производства, запустятся образовательные программы, конкурсы и др.

На железнодорожном транспорте все научные открытия, разработки и достижения освещаются в отраслевых СМИ. Формой представления результатов деятельности компании и перспектив внедрения инновационных разработок являются публикации в научно-технических журналах. Они служат важным связующим звеном, которое объединяет информационное пространство, оказывают влияние на развитие науки и техники, способствуют внедрению научных разработок и технических решений. Научные публикации служат неотъемлемым элементом реализации жизненного цикла каждого научно-технического проекта.

Кроме этого, научные издания обеспечивают доступность и достоверность информации, привлекают внимание к наиболее актуальным проблемам и перспективным направлениям развития науки и техники, формируют открытую научную площадку, способствуют обмену знаниями и созданию межотраслевых связей.

Однако для формирования такого рода контента нужны специалисты, обладающие компетенциями в области научной коммуникации, другими словами, налаживающие взаимодействие между учеными, разработчиками и специалистами производства. Научно-популярная журналистика доносит до широкого круга читателей идеи и новости науки понятным языком.

В эпоху развития нейросетей увеличилось количество сервисов, способных написать и обработать любые тексты: от художественных до научных. Уже в ближайшем будущем, скорее всего, потребуются принципиально новый формат научной статьи и подход к оценке научной деятельности автора. Исследователи и ученые при анализе доступной информации по заданному направлению обрабатывают огромный массив данных. Нейросети мо-



гут стать неоценимым подспорьем в подготовке действительно актуальных статей и формировании нового научного знания. Возможно, изменится сама структура статей, их назначение, роль автора в подготовке научного текста и совершении открытий. Мы уже стоим на пороге масштабных изменений в системе научных коммуникаций, что неминуемо затронет и систему научной периодики.

Такие изменения ставят перед научно-техническими журналами, к которым относится и наш журнал, весьма серьезные задачи, поскольку качественные научные статьи свидетельствуют об инновационном развитии науки и техники в стране и отрасли, позволяют оценивать актуальность, перспективность и уникальность проводимых исследований.

Развитие науки и техники тесно связано с подготовкой квалифицированных кадров и во многом определяется наличием молодых специалистов, их количественным и качественным восполнением.

Сегодня потребность рынка труда в инженерах и работниках научной сферы очень велика. В ближайшие три года в России должно быть подготовлено как минимум миллион специалистов в области инженерного дела, а также в области ИТ.

Для решения этой задачи в стране уже созданы 50 инженерных школ на базе российских ведущих высших учебных заведений. К 2030 г. их число увеличится до 100. В наших транспортных университетах также начали работать передовые инженерные школы. Ведется профориентация научно-технических специальностей, открываются различные центры и формируются источники информации, которые рассказывают молодому поколению о достижениях в транспортной отрасли. Научные журналы также оказывают значительную помощь в подготовке высококвалифицированных кадров. Они обеспечивают доступность научной информации как для научного сообщества, так и для студентов, исследователей и широкой общественности.

Научные публикации – продукт деятельности ученых и разработчиков. Но если нет публикаций, то реализация инноваций и изобретений может быть затруднена. Поэтому статьи о научных разработках – это необходимая составляющая, которая характеризует состояние научного прогресса в той или иной сфере деятельности.

Наш журнал более 100 лет ведет просветительскую деятельность и распространяет новые знания, навыки и идеи, предоставляет возможность для обсуждения и дальнейшего развития научных открытий.

В новом году желаем нашим авторам, коллегам и партнерам процветания, новых интересных проектов, совместных достижений и успехов! Пусть перед вами открываются новые пути и возможности! Пусть непременно сбудутся ваши надежды!

ФИЛЮШКИНА Т.А.



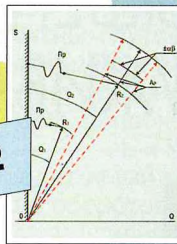
## СОДЕРЖАНИЕ

### Новая техника и технология

Обоскалов А.Г.,  
Щиголев С.А.,  
Разгонов А.П.

#### О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБСЛУЖИВАНИЯ УСТРОЙСТВ ЭЦ

СТР. 2



Шолуденко М.В., Хвощевская И.В.

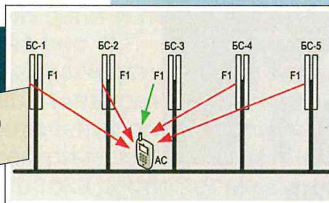
Кабели для сигнализации и блокировки с цифровой маркировкой ..... 7

### Телекоммуникации

Тараненко А.Ю.,  
Гриценко А.А.,  
Лобеев Д.П.

#### ОПТИМИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЧАСТОТНОГО СПЕКТРА

СТР. 9



Логин Э.В.

Прогноз данных в системе мониторинга ..... 13

### Информационная безопасность

Сидоренко В.Г., Грачев Я.Л.

Противодействие угрозам информационной безопасности, связанным с применением средств стеганографии ..... 17

### Беспилотные технологии

Охотников А.Л., Цветков В.Я.

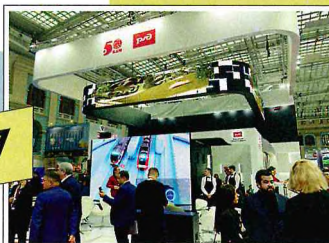
Информационная система технического зрения ..... 23

### Информация

Наумова Д.В.

#### ВЗАИМОСВЯЗАННОСТЬ, УСТОЙЧИВОСТЬ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ

СТР. 27



В мире цифровых технологий ..... 30

### Обмен опытом

Косыгин В.А.

Развитие системы нормативно-технической документации ..... 31

Рябов С.В.

Лидер новаторских предложений ..... 32

### В трудовых коллективах

Рябов С.В.

Главное – порядок на вверенном участке ..... 35

Зубарева О.А., Спиридонова А.Ю.

Жизнь, связанная с дорогой ..... 36

### За рубежом

Новости ..... 37

Филюшкина Т.А.

В авангарде научной коммуникации ..... 2 стр. обл.

Наумова Д.В.

Итоги года в ОАО «РЖД» ..... 3 стр. обл.

На 1-й стр. обложки: фото предоставлено службой корпоративных коммуникаций Дальневосточной дороги

## АВТОМАТИКА СВЯЗЬ ИНФОРМАТИКА

# АСИ

1 (2025)  
ЯНВАРЬ

Ежемесячный  
научно-теоретический  
и производственно-  
технический журнал  
ОАО «Российские  
железные дороги»



ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ  
С 1923 ГОДА

Журнал включен в базы  
данных Российского индекса  
научного цитирования  
(РИНЦ) и Russian Science  
Citation Index (RSCI)  
на платформе Web of Science

Решением Президиума  
ВАК Минобрнауки России  
от 27 января 2016 г.  
журнал «Автоматика, связь,  
информатика» включен  
в Перечень ведущих  
рецензируемых научных  
изданий

Использование и любое  
воспроизведение на  
страницах интернет-сайтов,  
печатных изданий  
материалов, опубликованных  
в журнале, разрешается  
только с письменного  
согласия редакции

Мнение редакции может  
не совпадать с точкой  
зрения авторов

Журнал зарегистрирован  
в Федеральной службе  
по надзору за соблюдением  
законодательства  
в сфере массовых  
коммуникаций и охране  
культурного наследия

Свидетельство о регистрации  
ПИ № ФС77-21833  
от 07.09.05

© Москва  
«Автоматика, связь,  
информатика»  
2025



# О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБСЛУЖИВАНИЯ УСТРОЙСТВ ЭЦ



**ОБОСКАЛОВ**  
Александр Григорьевич,  
ОАО «РЖД», Свердловская дирек-  
ция инфраструктуры, начальник  
службы автоматики и телемеханики,  
г. Екатеринбург, Россия



**ЩИГОЛЕВ**  
Сергей Александрович,  
ООО «Уралжелдоравтомати-  
зация», директор по научной  
работе, канд. техн. наук,  
г. Екатеринбург, Россия



**РАЗГОНОВ**  
Адам Пантелеевич,  
профессор, д-р техн. наук,  
г. Екатеринбург, Россия

**Ключевые слова:** эффективность технического обслуживания, электрическая централизация, стрелочный перевод, электропривод, контроль изоляции стрелочной гарнитуры

**Аннотация.** В статье рассмотрены некоторые аспекты обслуживания важнейших узлов электрической централизации (в частности узлов управления стрелками). Предложены решения, повышающие надежность их функционирования и достоверность контроля нормативных параметров, а также меры по более эффективному техническому обслуживанию. Представлены результаты измерений тяговых усилий стрелок методом динамометра, оценка их погрешностей по предложенным формулам, а также причины неправильного контроля положения стрелки при коротком замыкании контактной сети на рельсы.

■ Технические средства электрической централизации (ЭЦ) – важнейший исполнительный узел, обеспечивающий достижение эффективных эксплуатационных показателей железнодорожных линий (пропускной и провозной способностей на станциях), и, наряду с этим, установленный уровень показателей надежности и безопасности движения. На магистральных железных дорогах страны эксплуатируются свыше 130 тыс. централизованных электрических стрелок. Статистические данные свидетельствуют о том, что число отказов стрелок занимает значительную часть суммарных отказов технических средств (ТС) железнодорожной автоматики и телемеханики. Отсюда вытекает необходимость повышения качества и эффективности проведения их технического обслуживания и вместе с тем требований к уровню компетенций эксплуатационного штата.

Известно, что эффективность ТС – критерий их качества, а оценка качества технического обслуживания устройств СЦБ – обеспечение надежности систем и безопасности движения.

По инициативе авторов статьи на ряде железных дорог с целью определения параметров функциониро-

вания ТС электрической централизации в эксплуатационных условиях и оценки качества и эффективности их технического обслуживания проведены некоторые дополнительные исследования. Так, результатами измерений параметров установлены отклонения от нормативных допусков, в частности, по регулировке фрикционных узлов стрелочных электроприводов, по установке напряжений на клеммах электродвигателей электроприводов в режиме работы на фрикцию. В некоторых случаях установлено завышение напряжения питания цепей управления стрелок.

Известно [1, 2], что переводное усилие электропривода при работе электродвигателя на фрикцию ограничивается в связи с тем, чтобы не происходил отжим рамного рельса, а узлы крепления гарнитуры не подвергались сверхнормативным напряжениям. Это вызывает прогиб рабочей тяги электропривода, что может привести к смещению электропривода, а в некоторых случаях даже к получению ложного контроля положения стрелки. Таким образом, регулировка фрикционного механизма стрелочного электропривода на требуемое усилие является ответственной эксплуатационной операцией.



## О РАБОТЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА В РЕЖИМЕ ФРИКЦИИ

■ Переводные усилия в нормальном режиме не нормируются и зависят не только от веса остряков, но и от состояния трущихся элементов и узлов, располагаемых вдоль тракта передачи механической энергии «ротор электродвигателя – остряки стрелочного перевода». Следует отметить, что усилие перевода стрелки – важнейший параметр, позволяющий судить о состоянии перевода в целом.

Переводное усилие стрелочных электроприводов в режиме фрикции в зависимости от марки стрелочного перевода и типа электродвигателя регулируется в пределах 210–450 кгс. Установлено, что при усилиях выше названных значений (>490 кгс) во фрикционном механизме при переводе стрелки возникают биения (так называемое явление бифуркации; в физике под этим термином понимается качественное изменение «раздвоение» режима работы объекта) фрикционных дисков. Биения вызывают модуляцию тока электродвигателя с частотой 16–19 Гц, сопровождаемую изменением величины усилия сцепления дисков и дребезгом подвижной системы «электродвигатель – остряки» (периодически возникают удары силой до 240 кгс, длительностью 52–60 мс). Осциллограмма, иллюстрирующая изменение форм токов после коммутации режима фрикции с высоким порогом срабатывания, представлена на рис. 1.

### АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПЕРЕВОДНЫХ УСИЛИЙ СТРЕЛОЧНЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

■ В основе принципа действия асинхронных электродвигателей лежит вращающееся магнитное поле, которое при переменном токе 50 Гц совершает обороты (не выше 1500 об/мин), увлекая за собой ротор. При нагрузках скорость вращения ротора уменьшается и становится меньше скорости вращения магнитного поля. При этом относительное скольжение ротора электродвигателя типа МСТ-06м, применяемого в стрелочных электроприводах, составляет 0,0267. По осциллограммам рабочих токов (или другими способами) определяется время перевода стрелки движения шибера электропривода, число оборотов и другие параметры.

Установлено, что первые 11 оборотов идет холостой ход (в том числе выбираются люфты в редукторе, на шибере, зазоры в шарнирных соединениях и

др.), а в последующие 40 происходит перемещение шибера на величину 0,152 м, преодолевая переводное усилие остряков общим весом 1200 кг (условно принятым для расчетов). На втором этапе перевода стрелки опытным путем выявлена линейная зависимость перемещения шибера (остряков)  $L$  от числа оборотов вала ротора асинхронного электродвигателя МСТ-06м, аппроксимированная выражением:

$$L = k \cdot N = 3,8 \text{ N},$$

где  $k$  – передаточный коэффициент;

$N$  – число оборотов вала электродвигателя.

Переводные усилия стрелок в нормальном режиме перевода в зависимости от марки стрелочного перевода и типа двигателя электропривода располагаются в диапазоне 220–255 кгс. Осциллограмма рабочего тока – окончания перевода первой стрелки съезда и коммутации цепи и перевода второй стрелки представлена на рис. 2.

При разности углов питающего напряжения и между током и напряжением фазы двигателя в  $90^\circ$  в момент включения электропривода возникает переходный электрический процесс [3]. При этом амплитуда рабочего тока достигает максимального значения, в четыре и более раз превышающего установившееся значение. При определенных соотношениях усилий режимов такой процесс может вызвать кратковременное срабатывание фрикции.

Переводные усилия в нормальном режиме зависят не только от веса остряков, но и от состояния трущихся элементов и узлов, располагаемых вдоль тракта передачи механической энергии «ротор двигателя – остряки стрелочного перевода». Следует отметить, что усилие перевода стрелки является важнейшим параметром, позволяющим судить о состоянии перевода в целом.

Полученные эмпирическим путем формулы позволяют рассчитать усилие перевода стрелок  $F_y$  [4] стрелочных электроприводов с электродвигателями трехфазного тока, а также с электродвигателями постоянного тока. Более того, предлагаемый аналитический метод расчета усилий перевода стрелок может быть применен в цифровых системах технической диагностики объектов автоматики и телемеханики, что особенно актуально для централизаций промежуточных станций.

Формула для расчета усилия перевода электро-

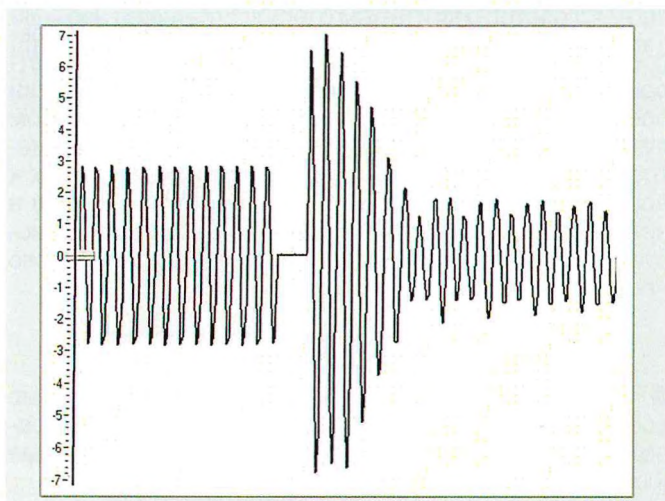


РИС. 1

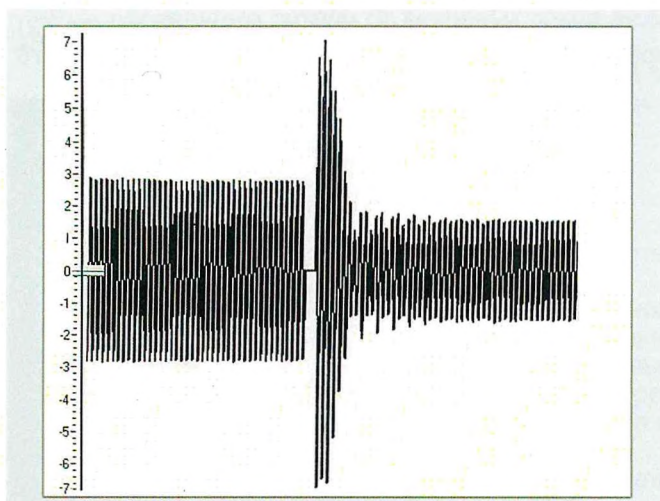


РИС. 2



приводов с двигателями переменного тока имеет следующий вид:

$$F_y = 19,73 \cdot U_{\phi} \cdot I_{\phi} \cdot \cos \varphi, \quad (1)$$

где 19,73 – коэффициент пересчета ( $3 : 0,152 = 19,73$ ), при этом 0,152 м – ход шибера электропривода;

$U_{\phi}, I_{\phi}$  – фазные напряжение и ток;

$\cos \varphi$  – угол сдвига фазы между ними.

Для схемы питания электродвигателя «звезда–звезда» (без нулевого провода) все концы фазных обмоток генератора и приемника соединены в общую нулевую точку. Из топографической диаграммы цепи и ее векторной диаграммы можно записать, что линейные напряжения  $U_{\text{л}}$  определяются как разности фазных напряжений  $U_{\phi}$  [3]:

$$U_{\text{ав}} = U_{\text{а}} - U_{\text{в}}, U_{\text{вс}} = U_{\text{в}} - U_{\text{с}}, U_{\text{са}} = U_{\text{с}} - U_{\text{а}}$$

$$\text{или } U_{\text{л}} = U_{\text{ав}} = 2U_{\text{а}} \cdot \cos 30^{\circ} = 1,73 U_{\phi}.$$

По аналогии можно записать уравнения для линейного тока:

$I_{\text{ав}} = I_{\text{а}} - I_{\text{в}}$  или  $2I_{\text{л}} \cdot \cos 30^{\circ} = 1,73 \cdot I_{\text{л}}, I_{\text{л}} = 1,73 \cdot I_{\phi}$  (в целях упрощения написания точки над комплексными величинами  $U, I$  опущены).

Для определения фазовых соотношений получены осциллограммы напряжения и тока (рис. 3) в режиме нормального перевода стрелки при усилии перевода 255 кгс (измерено динамометром УКРУП). Выяснилось, что угол сдвига фазы между ними составляет  $35^{\circ}$ – $39^{\circ}$  ( $\cos 35^{\circ} = 0,809$ ). Далее приведены дополнительные сведения о фазовой зависимости токов рабочей цепи при различных нагрузках асинхронного электродвигателя стрелочного электропривода.

Усилие перевода стрелок электроприводов с электродвигателями постоянного тока рассчитывается по формуле:

$$F_y = 6,67 \cdot I (U - R_{\text{кл}} \cdot I), \text{ Н}, \quad (2)$$

где  $U$  – напряжение рабочей батареи, В;

$I$  – ток в рабочей цепи, А;

$R_{\text{кл}}$  – сопротивление кабельной линии, Ом.

Приведем примеры расчета усилия перевода по формуле (1). На клеммах электродвигателя произведены измерения напряжения  $U_{\phi} = 126$  В, линейного тока – 2,2 А, усилия – 255 кгс.

Определим ток одной из фаз  $I_{\phi} = 2,2 : 1,73 = 1,272$  А и усилие перевода по формуле (1)

$$F_y = 126 \cdot 1,272 \cdot 19,73 = 316 \text{ кгс},$$

где  $1 \text{ кгс} \approx 10 \text{ Н}$ . С учетом фазового угла получаем  $F_y = 316 \cdot 0,809 = 256 \text{ кгс}$ . Погрешность расчета составляет  $\Delta = [(255-256)/256] \cdot 100 \% < 0,4 \%$ .

Рассчитаем усилие перевода по формуле (2), принимая, что измеренное УКРУП усилие – 255 кгс,

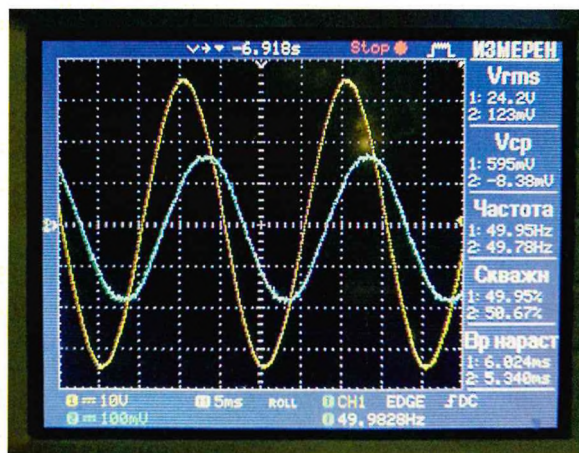


РИС. 3

№ стрелки	Измеренное усилие перевода (УКРУП), кгс*	Усилие перевода, вычисленное по формуле (1)			
		Напряжение фазы $U_{\phi}$ , В	Ток фазы $I_{\phi}$ , А	Усилие перевода, кгс	$\Delta$ , %
63	250/450	128	1,14	234,9	6,04
125	256/475	135	1,19	258,6	1,01
61	265/470	130	1,16	242,8	8,37

\* числитель – режим нормального перевода стрелки; знаменатель – перевод в режиме фрикции

заданные параметры напряжения рабочей батареи – 220 В, тока рабочей цепи – 2,1 А, сопротивления кабельной линии – 19 Ом:

$F_y = 6,67 \cdot 2,1 \cdot (220 - 19 \cdot 2,1) = 281 \text{ кгс}$ , где  $1 \text{ кгс} \approx 10 \text{ Н}$ . Результаты расчетов усилий перевода стрелок, используя электрические параметры схемы управления трехфазными электродвигателями, вычисленные с помощью формулы (1) и измеренные динамометром УКРУП, приведены в табл. 1.

Анализ показывает, что при более тщательных измерениях фазных значений напряжения и тока на клеммах электродвигателя и установке нормативных значений переводных усилий в режиме фрикции, отрегулированной согласно требованиям [1, 2], погрешность оценки переводных усилий не превысит 5 %.

С учетом формулы (1) можно записать выражение для приближенной оценки коэффициента трения системы тракта «ротор электродвигателя – остряки – подкладки стрелочного башмака»:

$$K_{\text{тр}} = F_y / G, \quad (3)$$

где  $G$  – вес остряков стрелки (1300 кг для рельсов типа Р65).

Для усилий нормального перевода стрелки коэффициент составляет  $K_{\text{тр}} = 240 - 255 / 1300 = 0,18 - 0,20$ .

Коэффициент трения зависит от таких факторов, как число подкладок стрелочных башмаков, по которым перемещаются остряки (при исследовании пяти стрелок обнаружено, что в среднем 4–6 подкладок не касаются нижней поверхности остряков), состояние поверхности сопряжения «рамный рельс – остряк», наличие смазки на подкладках и др. Очевидно, что этот параметр может быть использован для контроля работы переводного механизма стрелки, например, при увеличении времени ее перевода.

Исходя из этого эксплуатационному штату целесообразно наряду с проверкой физических параметров состояния стрелочного перевода периодически проводить совместные с мастером или бригадиром пути измерения электрических и временных параметров перевода и при необходимости приводить их к нормативным значениям. Известно, что зачастую в некоторых случаях для повышения работоспособности стрелочного перевода прибегают к увеличению «порога» работы фрикции.

#### ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА В РЕЖИМЕ ФРИКЦИИ

■ Рассмотрим механизм проявления биений, которые возникают при недопустимых превышениях переводных усилий двигателя, работающего в режиме фрикции.

Электромагнитный и тормозной моменты системы могут резко возрастать. Между тем мощность внеш-



Таблица 2

$f_n$ , Гц	$n_2$ , об/мин	$s$	$T \cdot 10^{-3}$ , с	$A_6$ , мм
18	1080	0,28	55	2,11
22,5	1350	0,1	44,4	1,16
24,3	1460	0,026	41,1	0,00

с радиусом  $OR_1$  под углом  $Q_1$ , отстающим от линии  $OS$  окружности вращения со скоростью  $\omega_2 = 2\pi n_2/60$  ( $n_2 = 1460$  – номинальная частота вращения ротора), приведенной к валу ротора массы  $m$ , сосредоточенной в точке  $R_1$  при нормативном переводном усилии 320 кгс; тоже  $OR_2$  – радиус окружности вращения массы вала при переводном усилии 600 кг (показано вращение радиуса  $OR_2$ , увеличенного на амплитуду  $A_p$  с углом  $Q_2 \pm \alpha\beta$ ).

Расчетные параметры режима фрикции: частота вращения вала ротора  $f_n = 1500(1-s)/60$ , амплитуда биений ротора  $A_6$  в режиме перегрузки, скольжение  $s$ , значение частоты вращения вала ротора  $f_n$  приведены в табл. 2.

Расчет амплитуды биения  $A_6$  произведем с заданным скольжением 0,1. По формулам находим частоту и период вращения ротора:  $f_n = 1500 \cdot (1 - 0,1)/60 = 22,5$  Гц,  $T = 1/22,5 = 0,0444$  с. Далее рассчитаем длину участка пути, проходимого шиббером привода за период частоты вращения ротора, т.е. искомую амплитуду биений  $A_6 = 0,0444 \cdot 38 = 1,68$  мм (путь, проходимый шиббером за оборот вращения вала ротора  $1520/40 = 3,8$  мм/об).

Величина амплитуды биений  $A_6$  в действительности будет меньше расчетной, поскольку существуют механические ограничители подвижной системы – с одной стороны рамный рельс, с другой – предельная величина допусков на люфты конструктивных и крепежных элементов электропривода.

Методом пропорционального пересчета величин параметров электродвигателя соизмеримой мощности получены суммарные потери стрелочного электродвигателя МСТ-06м, которые включают в себя составляющие:

$$P_n = P_m + P_{эр} + P_{эс} + P_{ст} + P_{д'} \quad (5)$$

где  $P_m$  – механические потери на валу;

$P_{эр}$ ,  $P_{эс}$  – электромагнитные потери в роторной и статорной обмотках;

$P_{ст}$  – потери в статорной стали;

$P_{д'}$  – добавочные потери от вихревых токов в обмотках.

Полные потери в стрелочном АД составили 2,8 % от подводимой мощности  $P_2 = 35$  ВА. При этом относительное скольжение

$$s = (f_{1n} - f_2)/f_{1n} = 0,0267,$$

$$P_{2\max} = 3 \cdot U_n \cdot I_n = 792 \text{ ВА},$$

где  $U_n$ ,  $I_n$  – линейные напряжение и ток фазы;

$f_{1n} = 1500$  Гц,  $f_2 = 1460$  Гц – номинальные частоты статора и ротора.

Из рис. 5 следует, что полезный момент вращения на валу ротора в координатах  $M_2(P_2)$  носит линейный характер, что вытекает из формулы  $M_2 = P_2/\omega$ , указывающей, что токи в различных режимах работы стрелочного электродвигателя зависят от вида режима и уровня нагрузки.

Определение переводного усилия по формуле (1) требует знания величины  $\cos\phi$ . Оказалось, что измеренная величина этого параметра 0,82 весьма

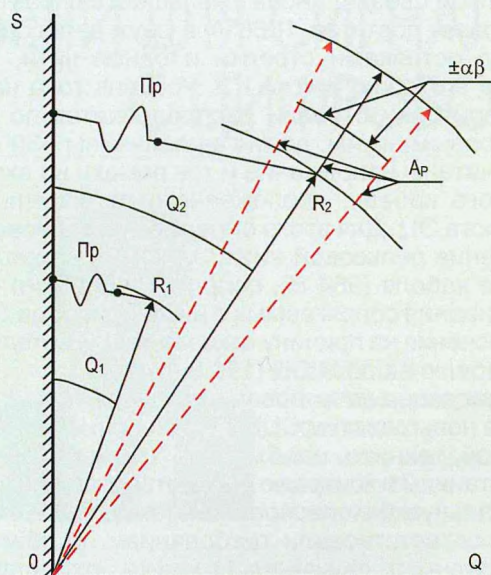


РИС. 4

него источника электропитания несоизмеримо выше подводимой мощности электродвигателя Р2. Поэтому источник легко управляет подвижной системой, обладающей упругостью и колеблющейся, как было отмечено, с собственной частотой 16–19 Гц.

Тормозной момент  $M_T$  возрастает «скачком» вследствие мгновенно возникающего мощного трения на поверхности дисков фрикционной муфты. При этом образуется разность электромагнитного и тормозного моментов, причем первый из них мгновенно превосходит второго за счет ответного импульса силы  $S$  на валу ротора:

$$S = \sum_0^t F_y \cdot dt; \quad mV = F_y \cdot t, \quad (4)$$

где  $m$  – приведенная масса подвижной системы, кг;

$V$  – скорость вращения ротора, восстанавливающего равновесие системы, м/с;

$t$  – длительность импульса силы, с.

Второе уравнение формулы (4) характеризует наступившее в системе равновесие (импульс массы системы стал равным импульсу силы).

Упрощенная механическая модель электромагнитных моментов вала ротора в режиме биений представлена на рис. 4. Здесь приняты обозначения:  $OS$  – ось результирующего магнитного потока статора (средоточие электромагнитной энергии двигателя);  $S$  – ведомая точка, связанная пружиной  $Pr$ , выполняющей роль электромагнитного момента вала ротора,

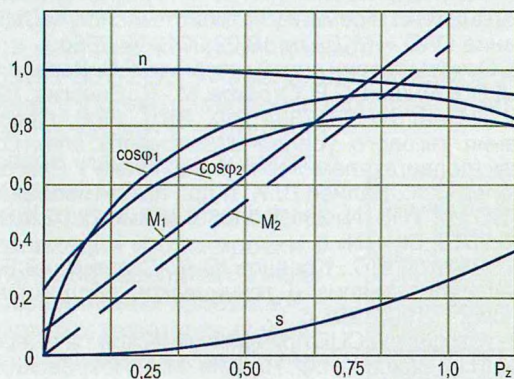


РИС.5



близка к величине, указанной на графике (см. рис. 5) функции  $\cos\varphi (P_2)$  0,815 при нормативной подводимой мощности. Учитывая относительно высокую стабильность переводных усилий в нормальном режиме (коэффициент стабильности  $K_{ст} = 6\%$ ), а также стабильность изменения  $\cos\varphi$  в пределах подводимой мощности (0,5–1,0) $P_2$  и выше (см. рис. 5) на участке потребляемой стрелками мощности, целесообразно принять величину  $\cos\varphi = 0,82$  при расчетах по формуле (1) и отказаться от трудоемкой операции измерения фазового угла. Таким образом, формулу (1) следует записать в виде, отличающемся от вида этой формулы величиной коэффициента:

$$F_y = 16,2 \cdot U_{\phi} \cdot I_{\phi} \quad (6)$$

### КОНТРОЛЬ ИЗОЛЯЦИИ СТРЕЛОЧНОЙ ГАРНИТУРЫ

■ Иногда проверки понижения сопротивления изоляции стрелочных гарнитур, изолирующих стыков и других элементов проводятся с отклонениями от установленных норм времени [1, 2]. Несвоевременное выполнение этих важных профилактических операций может привести к опасному отказу – неправильному (ложному) контролю положения стрелки в маршруте. Так, был зафиксирован случай, когда причиной отказа стрелки системы ЭЦ стало пониженное сопротивление (пробой) изоляции болтов крепления стрелочных гарнитур рельсовой линии от воздействия мощной помехи тока короткого замыкания контактной сети.

Известно, что электрическое сопротивление изоляции элементов рельсовой линии (РЛ) колеблется от 100 Ом до нескольких кОм с допустимым минимумом 50 Ом. Периодический контроль состояния изоляции, в частности болтов стрелочных гарнитур, зачастую не соблюдается и выполняется лишь после их отказов [5].

Наиболее вероятные отказы по причине пробоя изоляции стрелочных гарнитур и других элементов РЦ происходят при возникновении короткого замыкания (КЗ) в непосредственной близости от объекта [6]. При этом можно получить ложный контроль положения стрелки в маршруте, как это было в 2022 г. на Восточно-Сибирской дороге. При анализе причин подобных отказов были определены основные пути распространения помехи, созданной потенциалом и током короткого замыкания вдоль рельсовой линии, от места проникновения в рельсовую цепь (например, через заземлитель опоры), через изоляцию приборов схемы контроля положения стрелки, располагаемых внутри электроприводов стрелки, и далее по жилам стрелочного кабеля до контрольных приборов релейного помещения поста централизации. Оказалось, что максимальный ток КЗ достигал 6500 А, отключенный через 0,2–0,25 с автоматической системой защиты на тяговой подстанции. Из графика распределения потенциала «рельс–земля», полученного аналитическим расчетом цепи при коротком замыкании контактной сети переменного тока (не приводится в статье), следует, что максимальное его значение 11,2 кВ в точке КЗ плавно затухает, снижаясь, например, до половины на расстоянии 2,5 км, достигая величины 2 кВ на расстоянии 3,8–4,0 км и далее (до 6 км) уменьшается до нуля. Наряду с этим ток КЗ, раздвоившись на входе в рельсовую нить, протекает до дроссель-трансформатора, установленного перед

стрелкой съезда, вновь уменьшается практически в три раза, достигая 1066 А в двух рельсовых нитях перед острьяками стрелки и одной нити, ведущей назад в сторону места КЗ. Уровень тока на выходе с территории стрелки распределяется по четырем рельсовым нитям, достигая величины 530 А. Далее рассчитаны напряжение и ток помехи на входе стрелочного кабеля, проложенного от электропривода до поста ЭЦ. Для этого определены волновое сопротивление рельсовой нити (0,9 Ом) и напряжение на входе кабеля (954 В), сопротивление жил с учетом сваривания сопрягаемых с ними приборов схемы (из заключения на причину отказа), ток, ответвляющийся по кабелю на пост ЭЦ (160,8 А) и др.

При совершенствовании существующих и разработке новых систем СЦБ с применением микроэлектронной техники необходимо подвергать жестким испытаниям и контролю узлы, ответственные за функциональную безопасность систем, добиваться, чтобы они соответствовали требованиям по обеспечению безопасности движения. Отметим, что исследованиями при разработке конструкции защитных средств (УЗИП) от воздействия мощных электромагнитных помех тяговой сети на устройства СЦБ установлено, что двух- и трехступенчатая защита считается удовлетворительной, если гасится 65 % энергии помехи. Вместе с тем, в наиболее ответственных узлах систем целесообразно дополнительно применять встроенные элементы защиты от перенапряжений и обеспечивать контроль их работоспособности.

Авторами статьи предложены технические решения для повышения эффективности технического обслуживания устройств управления электрическими стрелками, в частности, проверен аналитический способ дистанционного измерения переводных усилий стрелочного электропривода и его применение в проектах цифровой технической диагностики, особенно важный для систем электрической централизации промежуточных станций. Кроме этого, рекомендовано расширять компетенции эксплуатационного штата, обслуживающего системы безопасности движения поездов, путем проведения занятий по изучению алгоритмов работы, устройства основных узлов систем электрической централизации и физических процессов, протекающих в них, а также методов приведения их к нормативным параметрам.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Инструкция по техническому обслуживанию и ремонту устройств и систем сигнализации, централизации и блокировки : утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 30.12.2015 № 3168р (в ред. от 13.12.2021).
2. О внесении изменений в Инструкцию по техническому обслуживанию и ремонту устройств и систем СЦБ : распоряжение ОАО «РЖД» от 18.02.2019 № 286р.
3. Основы теории цепей : учебник / Г.В. Зевеке, П.А. Ионкин, А.В. Нетушил, С.В. Страхов. М. - Л.: Энергия, 1965. 444 с.
4. Патент № 2647334 РФ, В61L 5/06. Способ определения тягового усилия стрелочного электропривода с электродвигателем переменного тока / Разгонов А.П., Щиголов С.А., Валиев Ш.К. и др.; патентообладатель ФГБОУВО УрГУПС. № 2017106089; заявл. 22.02.2017; опубл. 15.03.2018; Бюл. № 8.
5. Аркатов В.С., Кравцов Ю.А., Степенский Б.М. Рельсовые цепи. Анализ и техническое обслуживание. М.: Транспорт, 1990. 295 с.
6. Устройства СЦБ при электрической тяге переменного тока / М.И. Вахнин, Н.Ф. Пенкин, М.А. Покровский и др. М.: Трансжелдориздат, 1956. 220 с.



# КАБЕЛИ ДЛЯ СИГНАЛИЗАЦИИ И БЛОКИРОВКИ С ЦИФРОВОЙ МАРКИРОВКОЙ



**ШОЛУДЕНКО**  
Михаил Владимирович,  
ОАО «ВНИИКП»,  
заместитель заведующего  
отделом No 2/2,  
Москва, Россия



**ХВОЩЕВСКАЯ**  
Ирина Владимировна,  
ОАО «ВНИИКП», ведущий  
научный сотрудник,  
Москва, Россия

В устройствах железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) Российской Федерации для сигнализации и блокировки применяются кабели по ГОСТ 31995-2012 «Кабели для сигнализации и блокировки с полиэтиленовой изоляцией в пластмассовой оболочке. Технические условия», ГОСТ 34679-2020 «Кабели для сигнализации и блокировки. Общие технические условия» и ряду технических условий на кабели для сигнализации и блокировки. В таких кабелях для идентификации изолированных жил используется цветовая маркировка. ОАО «ВНИИКП» разработало технические условия для новых типов кабелей с цифровой маркировкой изоляции жил.

■ В кабелях с цветовой маркировкой одиночные изолированные жилы разного цвета или пары, состоящие из двух изолированных жил разного цвета, скручивают в элементарные пучки, обматывают скрепляющими лентами или нитями определенного цвета, которые в свою очередь скручивают в сердечник.

При этом каждая одиночная изолированная жила или каждая пара в элементарном пучке имеет отличительную расцветку. Также различные цвета имеют скрепляющие элементы каждого элементарного пучка. Часто при проведении монтажных и ремонтно-восстановительных работ возникают трудности при идентификации одиночных изолированных жил или пар в многожильных или многопарных кабелях.

С целью снижения трудоемкости монтажных и ремонтно-восстановительных работ на кабельных линиях сигнализации и блокировки и в соответствии с Протоколом заседания секции «Автоматика и телемеханика» НТС ОАО «РЖД», прошедшей в октябре 2021 г., специалисты ОАО «ВНИИКП» разработали технические условия для новых типов кабелей с цифровой маркировкой изоляции жил:

ТУ 16.K71-537-2021 «Кабели для сигнализации и блокировки с полиэтиленовой изоляцией, в пластмассовой оболочке, с цифровой маркировкой изоляции токопроводящих жил»;

ТУ 16.K71-544-2021 «Кабели для сигнализации и блокировки с полиэтиленовой изоляцией, с экраном из алюминиевых проволок».

В указанных технических условиях изолированные жилы должны быть одного цвета и иметь циф-

ровую маркировку, а цвет цифр резко отличаться от цвета изоляции жил. Размер цифр и расстояние между ними должны соответствовать указанным в таблице параметрам.

В кабелях парной скрутки две изолированные жилы с цифрами «1» и «2» образуют первую рабочую пару, жилы с цифрами «3» и «4» – вторую и так далее. В кабелях с одиночными жилами цифровая маркировка жил начинается с «1» и далее по порядку.

**Кабели по ТУ 16.K71-537-2021** изготавливаются с однопроволочными медными жилами с номинальным диаметром 0,8; 0,9 и 1,0 мм и многопроволочными медными жилами номинальным сечением 1,0 и 1,5 мм<sup>2</sup>. Разрез кабеля СБВБэпПуц 14х0,9, соответствующего данному ТУ, представлен на рис. 1. Одиночные изолированные жилы или пары совместно с нитями из водоблокирующего (ВБ) материала скручиваются в элементарные пучки, которые, в свою очередь, скручиваются в сердечник.

В кабелях число одиночных жил может быть от 3 до 42, число пар от 2 до 30. Поверх сердечника последовательно наложены поясная изоляция, контрольная жила, экран (при наличии) из алюмополимерной ленты и наружная оболочка из светостабилизирован-

Т а б л и ц а

Диаметр изолированной жилы, мм	Минимальное значение размера цифр, мм		Максимальное расстояние между цифрами или группами цифр, мм
	Ширина*	Высота	
До 2,8 включительно	1,0	2,0	50
Свыше 2,8	1,3	2,5	
* Ширина цифры 1 составляет 50 % от указанного значения			



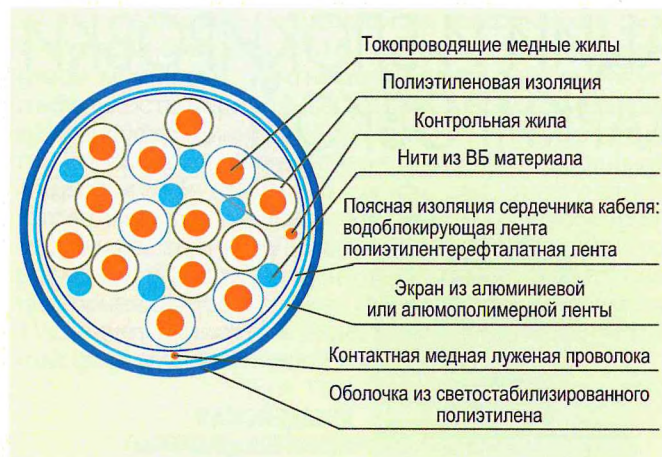


РИС. 1

ного полиэтилена или поливинилхлоридного (ПВХ) пластика пониженной пожароопасности или из полимерной композиции, не содержащей галогенов.

Влагонепроницаемость кабеля обеспечивается элементами из водоблокирующих материалов.

Электрические параметры кабелей соответствуют ГОСТ 34697-2020, при этом:

испытательное напряжение в течение 1 мин между жилами и между всеми жилами и экраном — 4000 В переменного тока частотой 50 Гц;

идеальный коэффициент защитного действия металлопокрова экранированных кабелей на частоте 50 Гц при продольной ЭДС 30–300 В/км — не более 0,99.

Кабели устойчивы к механическим воздействиям и внешним воздействующим факторам, указанным в ГОСТ 34697-2020.

Класс пожарной опасности по ГОСТ 31565-2012: для кабелей исполнения «нг (А)-LS» — П 16.8.2.2.2; для кабелей исполнения «нг (А)-HF» — П 16.8.1.2.1.

**Кабели по ТУ 16.К71-544-2021** изготавливаются с однопроволочными медными жилами диаметром 0,9 и 1,0 мм и с многопроволочными медными жилами сечением 1,0; 1,5; 2,5 и 4,0 мм<sup>2</sup>. Конструкция кабеля СБВБПсЭаПсБбШпц 16х2х0,9, соответствующая данным ТУ, представлена на рис. 2.

Одиночные изолированные жилы или пары скручиваются в элементарные пучки, которые, в свою очередь, скручиваются в сердечник кабеля. В нем число одиночных жил может составлять от 3 до 42, число пар от 2 до 30.

Поверх сердечника последовательно наложены поясная изоляция, контрольная жила, экран из алюмополимерной ленты, промежуточная оболочка из полиэтилена и обмотка лентой из ВБ-материала, экран в виде повива из алюминиевых или усиленных алюминиевых проволок и оболочка из полимерного материала.

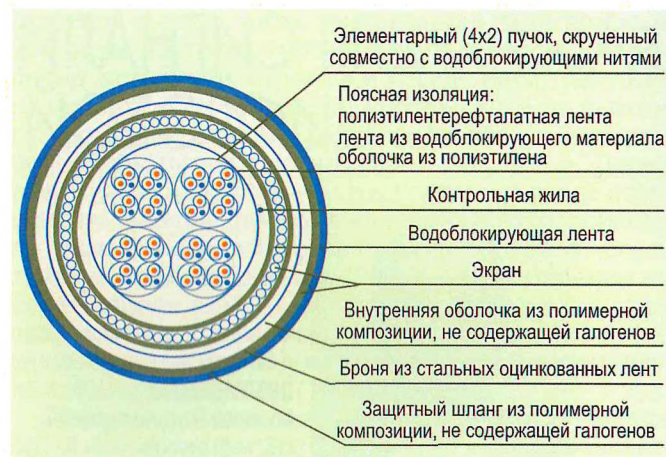


РИС. 2

В бронированных кабелях поверх оболочки из полимерного материала наложена броня из двух стальных оцинкованных лент и защитный шланг из полиэтилена или ПВХ-пластиката пониженной пожароопасности или полимерной композиции, не содержащей галогенов.

Влагонепроницаемость кабеля обеспечивается элементами из ВБ-материалов или гидрофобным заполнением сердечника.

Электрические параметры данных кабелей соответствуют ГОСТ 34679-2020, при этом испытательное напряжение в течение 1 мин между жилами и между всеми жилами и экраном — 4000 В переменного тока частотой 50 Гц.

Идеальный коэффициент защитного действия металлопокрова кабелей на частоте 50 Гц при продольной ЭДС 30–300 В/км составляет:

не более 0,7 для небронированных кабелей с экраном в виде повива из алюминиевых проволок;  
не более 0,4 для бронированных кабелей с экраном в виде повива из алюминиевых проволок;  
не более 0,1 для бронированных кабелей с экраном в виде повива из усиленных алюминиевых проволок.

Кабели стойки к механическим воздействиям и внешним воздействующим факторам, указанным в ГОСТ 34679-2020. Класс пожарной опасности по ГОСТ 31565-2012: для кабелей исполнения «нг(А)-LS» — П 16.8.2.2.2; для кабелей исполнения «нг(А)-HF» — П 16.8.1.2.1.

Наличие цифровой маркировки изоляции жил новых типов кабелей по ТУ 16.К71-537-2020 и ТУ 16.К71-544-2021, в отличие от кабелей с цветовой маркировкой изоляции жил, позволит быстрее идентифицировать необходимую жилу или пару, что значительно снизит трудоемкость и время проведения монтажных и ремонтно-восстановительных работ на кабельных линиях.





# ОПТИМИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЧАСТОТНОГО СПЕКТРА



**ТАРАНЕНКО**  
Артем Юрьевич,  
АО «Росжелдорпроект»,  
Проектный институт  
«Гипротрансигнальсвязь»,  
главный инженер проекта,  
Санкт-Петербург, Россия



**ГРИЦЕНКО**  
Андрей Аркадьевич,  
АО «Информационно-  
космический центр «Северная  
корона», генеральный  
директор, канд. техн. наук,  
Санкт-Петербург, Россия



**ЛОБЕЕВ**  
Дмитрий Петрович,  
АО «Росжелдорпроект»,  
Проектный институт  
«Гипротрансигнальсвязь»,  
инженер отдела связи, аспирант,  
Санкт-Петербург, Россия

**Ключевые слова:** LTE, цифровые системы технологической радиосвязи (ЦСТР), частотный спектр, ширина полосы частоты, LTE-1800 TDD

**Аннотация.** Статья посвящена анализу и оптимизации частотного спектра в сетях LTE на железнодорожном транспорте. Промоделирована работа цифровых систем технологической радиосвязи в рамках оптимизации частотного ресурса в сетях стандарта LTE. Сегодня ведется проектирование и разработка высокоскоростной железнодорожной магистрали «Москва – Санкт-Петербург», в которой основной технологией в области радиосвязи будет технология стандарта LTE. Ввиду узкой полосы, выделенной для железнодорожного транспорта (1785–1805 МГц), и ограничений ГКРЧ по ширине используемого канала сделан обоснованный выбор по оптимальному использованию полосы частотного спектра.

■ Сеть LTE по своей сути является адаптивной системой, и ее начальная конфигурация и настройка существенным образом могут повлиять на скорость передачи в зонах обслуживания сети после развертывания. Начальная конфигурация и настройка должны в полной мере соответствовать предполагаемым условиям и специфике работы. Но при выборе оптимальной полосы частот для проектирования важно учитывать электромагнитную совместимость (ЭМС).

Стандартом LTE определены шесть вариантов полос частот. Поскольку решение ГКРЧ №18-46-02 предусматривает использование полосы шириной не более 10 МГц, то возможна реализация полосы из набора: 1,4; 3; 5 и 10 МГц.

На опытных полигонах к развернутой сети на основе стандарта LTE 1800 TDD предъявляются требования по пропускной способности канала: для восходящего (UL) – 1 Мбит/с, для нисходящего (DL) – 2 Мбит/с. Исходя из указанных требований, для достижения необходимых скоростей следует использовать полосы шириной 5 или 10 МГц.

На физическом уровне в стандарте LTE применяют технологию OFDMA-мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов с модуляцией QPSK (Quadrature Phase Shift Keying), 16QAM (Quadrature Amplitude Modulation) или 64QAM. Максимальное количество поднесущих частот в рабочей полосе

достигает 2048. Передача по радиоканалу производится кадрами длительностью 10 мс.

Основное преимущество технологии OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) – это исключение негативных эффектов при приеме сигнала, вызванных его многолучевым распространением. Этой технологии присущи и некоторые недостатки, заключающиеся в очень высокой чувствительности к синхронизации по частоте. В связи с этим в восходящем канале LTE используется технология множественного доступа – SC-FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access). Ее отличие состоит в том, что в качестве дополнительной обработки сигнала задействовано



Таблица 1

№ режима	Конфигурация субкадров										D; U; S
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
0	D	S	U	U	U	D	S	U	U	U	2; 6; 2
1	D	S	U	U	D	D	S	U	U	D	4; 4; 2
2	D	S	U	D	D	D	S	U	D	D	6; 2; 2
3	D	S	U	U	U	D	D	D	D	D	6; 3; 1
4	D	S	U	U	D	D	D	D	D	D	7; 2; 1
5	D	S	U	D	D	D	D	D	D	D	8; 1; 1
6	D	S	U	U	U	D	S	U	U	D	3; 5; 2

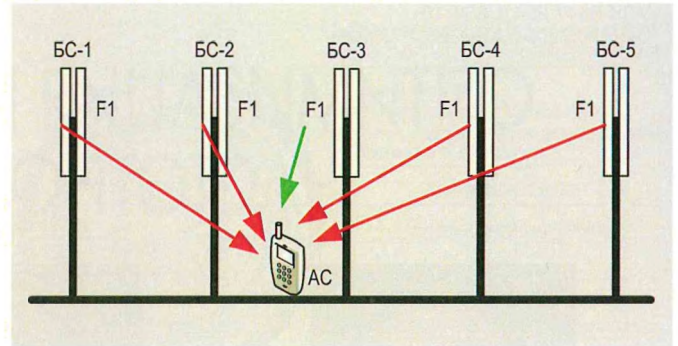


РИС. 1

преобразование Фурье. Причем в «восходящем» канале могут использоваться те же модуляции, что в «нисходящем» канале: QPSK, 16QAM, 64QAM. [1].

Кадры в LTE подразделяются на два типа: с частотным (FDD) и временным (TDD) дуплексом, но по решению ГКРЧ выбран TDD.

Базовая станция (БС), работающая в режиме TDD, позволяет конфигурировать каналы, которые используются для передачи вверх (U) – от абонента к базовой станции, вниз (D) – от базовой станции к абоненту и служебные каналы (S). Количество режимов согласно стандарту LTE указано в табл. 1 [2].

Поскольку между поднесущими частотами расстояние составляет  $\Delta f = 15$  кГц, длина OFDM-символа равна  $1/\Delta f \approx 66,7$  мкс. Половина субкадра (слот длительностью 0,5 мс) состоит из 6 или 7 OFDM-символов в зависимости от величины циклического префикса и активной паузы между символами. Значение циклического префикса равно 5,2 мкс перед первым символом и 4,7 мкс – перед остальными символами. Возможен также вариант применения расширенного циклического префикса 16,7 мкс.

По результатам расчетов радиопокрытия, в случае, если необходимо предоставить преимущество по распределению для восходящего канала, предпочтительным является режим конфигурации № 0, а если необходимо равномерно распределить субкадры между всеми каналами, применим режим № 1 (см. табл. 1). Режим конфигурации TDD может быть также изменен в процессе эксплуатации сети по результатам измерений статистики трафика [1].

Рассмотрим возможность и

особенности использования полосы частот для нисходящего и восходящего каналов связи.

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛОСЫ 10 МГц И ПРОБЛЕМЫ ЭМС

■ Использование максимально доступной полосы частот 10 МГц по сути означает, что все БС сети будут работать на одной частоте, что без применения специальных мер может привести к деградации зон обслуживания и обрыву связи [3]. Режим работы БС в полосе частот 10 МГц показан на рис. 1. Зеленым цветом обозначен полезный сигнал, красным – сигнал помехи.

При моделировании работы системы в полосе 10 МГц были выявлены следующие ситуации.

На обслуживаемом участке на секторах двух смежных БС для исключения помех оказалась использованной только полоса в 5 МГц (сектор одной БС на первых поднесущих 5 МГц (1790–1795 МГц), сектор другой БС – на оставшихся частотных поднесущих (1795–1800 МГц), что приведет к снижению пропускной способности. Без применения специальных мер, таких как настройка протоколов ICIC и ComP, часть этого участка будет подвержена помехам от двух других ближайших к участку

БС, что создаст дополнительную деградацию зоны обслуживания. При этом система управления LTE дополнительно разобьет полосы частот на более узкие, что дополнительно сократит пропускную способность. Резко возрастет объем служебной информации, циркулирующей в каналах обмена между БС. Данный фактор вызовет дополнительное снижение информационной скорости передачи, что можно интерпретировать как потерю пропускной способности.

Учитывая, что специфической чертой построения объектов стандарта LTE является применение двухсекторных БС, размещаемых «в цепочке», целесообразно рассмотреть использование полосы частот шириной 5 МГц.

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛОСЫ 5 МГц И СТАНДАРТНЫЙ РЕЖИМ РАБОТЫ СЕТИ

■ Переход на работу в полосе 5 МГц дает два номинала частот, что несколько упрощает проблему ЭМС, поскольку в один и тот же момент времени все БС могут действовать только «на прием» или «на передачу».

Для наглядности работы БС, а также влияния помех на зоны обслуживания представим результаты расчета скорости передачи

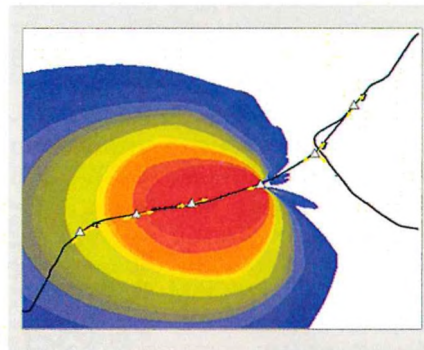


РИС. 2

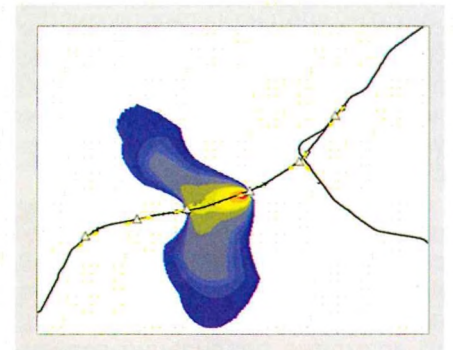


РИС. 3



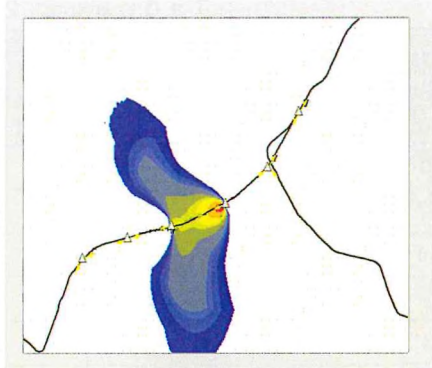


РИС. 4

без учета рельефа местности (конфигурация субкадра «0»). Скорость передачи по нисходящей линии для ситуации, когда на всем участке работает только одна БС, показана на рис. 2. В данном случае удовлетворяются все требуемые для построения сети условия, т.е. скорость передачи в прямом направлении (2 Мбит/с) обеспечивается практически на двух перегонах.

На рис. 2–5 приведены следующие цветовые обозначения: синим цветом показаны участки со скоростями до 1 Мбит/с; желтым – от 1 до 2 Мбит/с; оранжевым – от 2 до 3 Мбит/с, красным – свыше 3 Мбит/с.

Скорость передачи по нисходящей линии, когда все БС участка включены «на передачу», представлена на рис. 3. В этом случае зона обслуживания существенно сокращается и появляется влияние других секторов БС сети. При этом зона обслуживания для скорости передачи данных более 2 Мбит/с не перекрывает и половину перегона. Данная ситуация

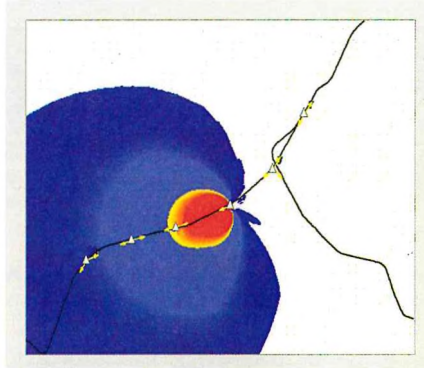


РИС. 5

показывает, что на большей части территории будет задействована модуляция QPSK, которая существенно снижает пропускную способность системы.

Для того, чтобы удовлетворить требования по скорости передачи, необходимо использовать иную конфигурацию субкадра. На рис. 4 и 5 показаны скорости передачи по DL и UL для конфигурации субкадра «1».

Таким образом, предварительные результаты показали, что для реализации требуемой пропускной способности на линиях вверх и вниз при стандартном режиме (все БС одновременно работают только «на прием» или «на передачу») и работе в двух полосах по 5 МГц целесообразно использовать конфигурацию субкадра «1».

#### СРАВНЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ПРАКТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

■ Зоны обслуживания и виды модуляции для каждой БС на примере городской застройки показаны на рис. 6 (желтый цвет – 64 QAM,



РИС. 6

зеленый – 16 QAM, синий – QPSK). Используются двухсекторные антенны.

При моделировании данного участка были учтены требования, предъявляемые к сети радиосвязи железнодорожного транспорта, в том числе:

на границах зон обслуживания скорость передачи в радиоканале должна быть не менее 2 Мбит/с (DL) и 1 Мбит/с (UL);

вероятность радиодоступа по месту и времени должна составлять 95 %;

должны обеспечиваться двойное радиопокрытие зоны и соблюдаться ограничения по энергетическим условиям (40 Вт и 18 дБм для БС);

помехоустойчивость и др. [3].

При моделировании линейного участка, состоящего из пяти базовых станций, были получены результаты, представленные в табл. 2, где для сравнения даны теоретические (т) и экспериментальные (э) данные. Они показывают, что условия по скорости передачи выполняются как в полосе 5 МГц, так и в полосе 10 МГц.

Рассмотрим в качестве примера расчет скорости передачи данных для сигнально-кодовой конструкции QPSK1/3. Будем считать, что количество задействованных ресурсных блоков для полосы 5 МГц составляет 25, ресурсных элементов – 84, продолжительность – 5 мс. Согласно стандарту 3GPP количество бит на 1 символ равно 2, общая скорость передачи данных 8,4 Мбит/с.

Для расчета скорости по восходящему и нисходящему каналам необходимо предусмотреть коэффициент ошибки согласно выбранной сигнально-кодовой конструкции. Для сигнально-кодовой конструкции QPSK1/3 вероятность ошибки (FEC) равна 0,33. При этом скорость для DL и UL составит 1,12 Мбит/с.

Также можно найти уровень сигнала для данной сигнально-кодовой конструкции. Для этого необходимо определить сумму допустимых потерь на трассе распространения сигнала, мощности теплового шума в полосе приема, коэффициента шума приемника и отношения сигнал/помеха+шум. В результате уровень сигнала для QPSK1/3 будет равен –98,5 дБ.



№ БС	Ресурсные блоки		Ресурсные элементы	Продолжительность ресурсного элемента, с	Бит на символ	Общая скорость, Мбит/с		Скорость UL (э), Мбит/с		Скорость DL (э), Мбит/с		Скорость UL (т), Мбит/с		Скорость DL (т), Мбит/с	
	5 МГц	10 МГц				5 МГц	10 МГц	5 МГц	10 МГц	5 МГц	10 МГц	5 МГц	10 МГц	5 МГц	10 МГц
БС1	25	50	84	0,0005	2	16,8	33,6	3,62	13,8	7,51	5,36	4,48	8,96	4,48	8,96
БС1–БС2	25	50	84	0,0005	4	8,4	16,8	4,38	12,2	5,97	4,28	1,12	2,24	1,12	2,24
БС2	25	50	84	0,0005	2	16,8	33,6	4,21	12,6	7,44	10,9	4,48	8,96	4,48	8,96
БС2–БС3	25	50	84	0,0005	4	8,4	16,8	3,56	13,3	6,3	4,84	1,12	2,24	1,12	2,24
БС3	25	50	84	0,0005	2	16,8	33,6	3,7	12,8	7,3	4,89	4,48	8,96	4,48	8,96
БС3–БС4	25	50	84	0,0005	4	8,4	16,8	1,1	13,1	3	6,2	1,12	2,24	1,12	2,24
БС4	25	50	84	0,0005	2	16,8	33,6	3,6	12,5	7,17	11,5	4,48	8,96	4,48	8,96
БС4–БС5	25	50	84	0,0005	4	8,4	16,8	3,5	13,1	4,7	4,56	1,12	2,24	1,12	2,24
БС5	25	50	84	0,0005	2	16,8	33,6	3,2	13,5	7,16	3,13	4,48	8,96	4,48	8,96

Анализируя полученные данные, можно заметить, что в обеих полосах обеспечиваются требуемые скорости передачи как по восходящей, так и по нисходящей линиям. При расчетах учтены потери на свободное пространство, потери в зависимости от рельефа и на интерференцию, а также собственные потери. Но в ситуации выбора оптимальной полосы частот для проектирования важно учитывать и электромагнитную совместимость (ЭМС).

Таким образом, при работе в полосах по 5 МГц достигаются преимущества: не требуется организация сложного информационного взаимодействия между БС, упрощается инфраструктура и настройка сети, обеспечивает-

ся резервирование на границах зоны обслуживания, увеличивается дальность обслуживания абонентов в сети. Вместе с тем при работе в полосе 10 МГц наблюдаются такие особенности, как возможность использования всего ресурса канала для «приоритетного» абонента и более «гибкое» распределение ресурсов блоков.

Учитывая дефицит частотного ресурса, приведенные результаты расчетов показывают пути возможной оптимизации частотного спектра в необходимых случаях.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Интернет-ресурс <https://1234g.ru/4g/lte/fizicheskij-uroven-standarta-lte/fizicheskij-uroven-setej-lte>

2. TS 122 289-V17.0.0-LTE; 5G; Mobile communication system for railways (3GPP TS 22.289 version 17.0.0 Release 17). France, ETSI, 2022.

3. ГОСТ 33973-2016 межгосударственный стандарт. Железнодорожная электросвязь. Поездная радиосвязь. Технические требования и методы контроля. Railway electric communication. Train radio communication. Technical requirements and methods of control. 01.09.2017 г.

4. ПНСТ 828-2023 предварительный национальный стандарт Российской Федерации. Устройства и системы электросвязи для систем управления железнодорожным подвижным составом в автоматическом и дистанционном режимах. Общие технические требования. Telecommunication devices and systems for railway rolling stock control systems in automatic and remote modes. General technical requirements. С 10.10.2023 до 10.10.2026 г.

## Цифровые итоги 2024

**НПС** // **1520 СИГНАЛ**

**100** Станций

**1845** Стрелок



Перевели на цифровое управление:

Магистральный транспорт

**+78** Объектов

**1268** Стрелок

Промышленный транспорт

**+8** Объектов

**232** Стрелки

Метрополитен

**+6** Объектов

**37** Стрелок

Международные рынки

**+8** Объектов

**308** Стрелок



Москва, ул. Лётчика Бабушкина, вл. 1, стр. 2  
Тел.: +7 (495) 901-15-20  
[www.1520signal.ru](http://www.1520signal.ru)



# ПРОГНОЗ ДАННЫХ В СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА

**ЛОГИН****Элина Валерьевна,**

Петербургский государственный  
университет путей сообщения  
Императора Александра I,  
кафедра «Электрическая связь»,  
доцент, канд. техн. наук,  
Санкт-Петербург, Россия

**Ключевые слова:** Data Science, прогнозирование, интеллектуальный анализ данных, телекоммуникационная сеть связи, регрессионный анализ

**Аннотация.** Контроль и оценка состояния оборудования в системе мониторинга производится посредством программных модулей. Основная их задача – сбор и частичная обработка данных, которые в разной степени дают оценку функционирования системы управления технологическим процессом. Осуществляемая модернизация системы мониторинга требует реструктуризации процессов сбора данных и развития модулей для их обработки с использованием сложных вычислений. Наравне с изменяющейся технической сложностью объектов управления усовершенствуются и подсистемы ЕСМА. В статье предложен вариант расширения функционала системы управления, который позволит в разрезе частично интеллектуальной обработки больших данных и предиктивной аналитики оперативно управлять состоянием устройств и независимо от степени сложности объекта адаптировать процессы управления в соответствии с современными телекоммуникационными технологиями.

## ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ОАО «РЖД»

■ Роль инноваций на железных дорогах в последние годы сильно возросла [1]. Наиболее перспективными направлениями цифровизации сегодня являются: безбумажный документооборот, гибкая аналитика, беспилотное движение, квантовые коммуникации, системы жизненного цикла объектов инфраструктуры (цифровые двойники, управление рисками) и система поддержки принятия решения (ИИ, цифровые модели, прогнозная аналитика).

Положительный эффект в этих направлениях возможен при планомерном развитии и модернизации информационно-коммуникационной инфраструктуры. Так, внедренная высокоскоростная сеть передачи данных представляет собой часть такой модернизации и служит основополагающей предпосылкой для создания модуля прогноза данных о состоянии объектов телекоммуникаций в системе мониторинга и администрирования. Этот модуль позволит сформировать интеллектуальный аспект в обработке данных путем

ее усовершенствования от классических процессов мониторинга и диагностики до «мягких» процессов управления и прогноза состояний.

При этом особое внимание уделено области, связанной с интеллектуальной обработкой данных, что обусловлено прикладным характером данного метода во всех направлениях цифровизации в перспективных инновациях.

## ЭТАПЫ ПРОГНОЗА ДАННЫХ

■ Действующий программный алгоритм сбора данных в ЕСМА (были рассмотрены диагностические модули и TRS) является простым и прозрачным с точки зрения подготовки и актуализации процессов прогноза (интеллектуального анализа данных). В ближайшей перспективе планируется переход на новую систему управления технологическими сетями связи (ОУТ СС), в которой уже развернуты модули «Управление инцидентами и оперативный режим», «Коммутация данных» [2], а также другие модули, функционал которых уже стал неотъемлемой

частью оперативного процесса в мониторинге и администрировании технологических сетей связи. Возможное направление развития еще не запущенной системы ОУТ СС заключается в подготовке архитектуры хранения данных под новые процессы, появление которых в рамках модернизации и развития расширят возможности системы.

В первую очередь речь идет о реструктуризации источников данных и их адаптации под конфигурацию Big Data [3, 4], благодаря чему упрощается маршрут потоков данных. Также возможно применение облачных систем хранения данных для работы центров обработки данных и другие предложения по оптимизации технологических процессов их анализа.

Процесс обработки данных представляет собой последовательное выполнение операций с информацией в заданном временном промежутке. Преимуществами обработки данных в современных телекоммуникационных системах являются: увеличение скорости обработки; автоматизация процессов с большими



данными; уменьшение количества ошибок, вызванных человеческим фактором.

Понятие «системы управления» неразрывно связано с технологией Big Data. Анализ большого объема информации в режиме реального времени дает возможность принимать обоснованные управленческие решения с высокой точностью и эффективностью [5]. Оценка этих показателей может быть выполнена внутри системы управления отдельными моделями (которые могут работать в режиме сбора статистики и в оперативном режиме) [6–8].

Этапы управления данными с учетом их структурирования на примере Big Data представлены на рис. 1. Датчики, установленные на объектах инфраструктуры, собирают сведения об эксплуатационных параметрах сети и передают в центральный узел с помощью надежной сети передачи. Процедуру сбора отличает наличие значительного количества данных – их становится много больше в связи с ростом эксплуатационных параметров, вводимых новых классификаторов параметров, а также параметров, характеризующих множество влияющих факторов на тот или иной эксплуатационный показатель. Необходима тщательная обработка данных, включая фильтрацию, поиск аномалий и очистку, а также предварительный анализ. Благодаря этому будет удаляться нерелевантная и неточная информация, что повысит качество последующего анализа. Обработанные данные размещаются и хранятся в специализированных системах, таких как база или хранилище данных, архитектура которых требует адаптации к новым возможностям и процессам с данными [9]. Это в перспективе обеспечит непрерывный доступ к данным для дальнейшего их анализа и обработки.

При этом анализ служит наиболее важным этапом управления. Используя методы статистического анализа и глубокого обучения, специалисты выявляют закономерности, определяют факторы, влияющие на возникновение инцидентов, и составляют прогноз возможных будущих сбоев в работе. Результаты анализа представляются не только в виде набора данных (Data Set), но и в

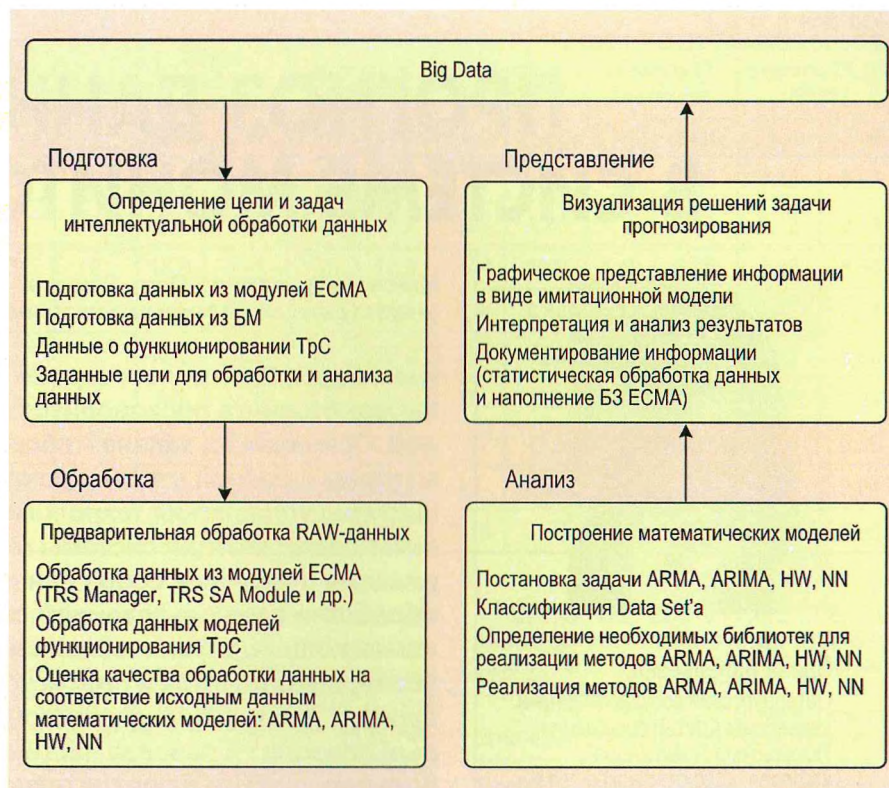


РИС. 1

наглядной форме, что облегчает понимание и выявление взаимосвязей и тенденций. Современные инструменты визуализации дают возможность отображать данные на интерактивных картах, графиках и диаграммах, что предусмотрено в новой системе ОУТ СС.

В действующей системе управления реализуются такие функции: сбор (не учитывает множество альтернативных источников данных, таких как Big Data), обработка (подчиняется требованиям подсистемы диагностики и мониторинга, не учитывает целевые функции для прогноза данных), хранение (выполняется за пределами служебного пользования, но не учитывается структура кластеров для хранения классификаторов). Также осуществляются функции набора данных, которые потребуются для обучения в некоторых моделях, анализ и визуализация (не учитывается формирование многовариантных прогнозов и их визуализация по целевым критериям, например, изменение оперативности и надежности при том или ином прогнозе, ключевой ресурс в выбранном срезе данных).

Можно использовать различные математические аппараты

для анализа, визуализации и наглядного представления методов обработки данных с прогнозированием. Некоторые из этих методов включают авторегрессию со скользящим окном (ARMA), авторегрессию со скользящим окном и обучением модели (ARIMA), экспоненциальное сглаживание (модель Хольта-Винтерса, HW) и регрессию (модель Ridge Regression, RR) [10–12].

На языке программирования Python был разработан код для каждого метода и получены графики с прогнозом. Все этапы управления данными (см. рис. 1) включены в программный код, математические модели основаны на наборе исходных данных Data Set с информацией об инцидентах в сети связи.

Данные были отфильтрованы по критерию инцидентов эксплуатационного характера по вине персонала и разбиты по месяцам, а для более точного и наглядного изображения прогноза использовались методы заполнения пропущенных значений, такие как заполнение средним и модой. На практике в реальных данных часто встречаются пропуски, аналитическая и математическая обработка которых транслирует накопление таких ошибок в



общем ряду новых уникальных данных. В случае текущего набора данных причиной пропущенных позиций являются ошибки ввода данных. В зависимости от их характера предлагается заполнять пропущенные позиции средним значением случайной величины, полученным при бесконечном числе испытаний, или модой (мода образует пик на графике функции распределения). Выбор среднего значения осуществлялся для тех статистически случайных наборов, вероятность и частота которых не соответствовали моде, т.е. пиковому положению выборки, а отклонение случайной величины от моды делало выборку наименее вероятной. Существует еще метод заполнения пропущенных позиций медианой. В этом исследовании он не использовался, поскольку положение медианы предусматривает работу с упорядочиваемыми данными, значения которых могут быть ранжированы [11].

Фильтрация и классификация данных выполнена с помощью внешних библиотек Python. При этом учитывались следующие факторы: период повтора события и его интенсивность. В модели Хольта-Винтерса отражено математическое выражение фактора события, например, появление отказа в один и тот же день каждого месяца/года при одинаковых интенсивностях исхода. В остальных моделях фактор так называ-

емой сезонности не учитывался на этапе прогноза, но входил в модель метрики при интерпретации результатов.

### ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ АНАЛИЗА ДАННЫХ ИССЛЕДУЕМОГО DATA SET

■ Для сравнения результатов моделирования прогнозных данных использовался метод метрики. Понятие «метрики» в контексте анализа данных и машинного обучения обозначает инструменты или методы, которые применяются для количественной оценки качества моделей, алгоритмов или прогнозов. Метрики помогают измерять, насколько хорошо модель или алгоритм решает конкретную задачу и какие улучшения могут быть сделаны.

Для регрессионных моделей, которые предсказывают непрерывные значения, и авторегрессионных моделей, которые используют предыдущие значения временного ряда для прогнозирования будущих значений, часто оперируют такими метриками, как среднеквадратическая ошибка, средняя абсолютная ошибка в процентах, коэффициент детерминации.

В результате изучения данных метрик и проведения анализа [13] для регрессионных и авторегрессионных моделей была выбрана метрика «среднеквадратическая ошибка (MSE)». Причем, чем

ниже значение MSE, тем модель способна создавать более точный прогноз.

Итоговый прогноз в виде графиков, составленный по результатам реализации комплексной модели на основе перечисленных методов, представлен на рис. 2. Анализ полученных графиков позволяет оценить точность и характер прогнозов различных моделей временных рядов и машинного обучения на основе полученных данных о количестве инцидентов в сети связи.

Наибольшую точность функций прогноза моделей авторегрессии обеспечивает метод скользящего окна. Ширина скользящего окна показывает число наблюдений Data Set, на основе которых строится функция прогноза и считаются параметры для всех остальных моделей. Выбирается это значение исходя из срока прогнозирования.

Для нашего случая данные, полученные с помощью скользящего окна шириной 7, показывают более плавный тренд, который помогает выявить основные тенденции и сгладить краткосрочные колебания. Эта линия дает представление о базовом уровне инцидентов за рассматриваемый период.

Среднеквадратическая ошибка MSE вычисляется для всех моделей на основе последних 10 наблюдений. Меньшее значение MSE указывает на лучшую точность модели в прогнозировании. Отдельно выводится информация о модели с наименьшим значением MSE, что позволяет определить, какая из них выдает более точный прогноз на текущем наборе данных.

Прогноз авторегрессионной модели (AR) основывается на предыдущих данных и использует авторегрессионный компонент для предсказания будущих значений. Полученный результат засвидетельствовал отсутствие корреляции будущих и прошлых данных, а метрика ошибки показала один из лучших результатов, что говорит о достаточно высокой точности прогноза.

Модель ARIMA комбинирует авторегрессию, интеграцию (для устранения нестационарности) и скользящее среднее значение (функция среднего значения строит сглаженные точки главного

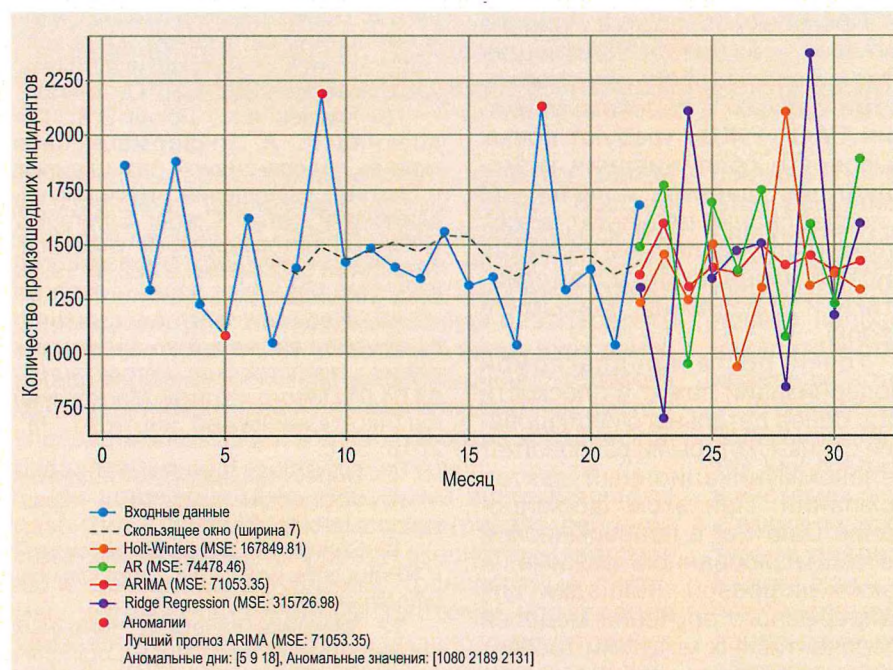


РИС. 2



ряда наблюдений). Она как раз подходит для текущих данных с трендами и случайными колебаниями. Прогнозы модели ARIMA учитывают эти компоненты, что дает более точный прогноз для временных рядов со сложными паттернами. Результат данной модели оказался наиболее точным по измеренной метрике, а характер прогноза наиболее адекватным по сравнению с моделями Ridge Regression и Хольта Винтерса, которые показали сильную чувствительность к конфигурациям исходного Data Set.

Модель Ridge Regression использует линейную регрессию с регуляризацией, предсказывая будущие значения на основе предыдущих. Прогнозы этой модели зависят от выбранной ширины окна наблюдений (в данном случае 8, поскольку меньшее значение привело бы к «пропуску» тех аномальных значений, сезонность или факторы которых установлены при конфигурировании Data Set; а большее значение – возможно только при увеличении размера прогноза, минимум на 20 месяцев). Регуляризация помогает избежать переобучения и улучшить устойчивость модели к шуму в передаче данных. Данный прогноз получил самый большой результат метрики и поэтому является самым ненадежным. Однако для конечных предложений использования данного метода нужно иметь оптимальное соотношение параметров или факторов сезонности, набор наблюдений и другие конфигурации модели, а, возможно, и моделирование для других источников данных.

Прогнозы модели Хольта-Винтерса показывают как сезонные колебания, так и общий тренд в данных. Эта модель хорошо подходит при наличии явных сезонных паттернов. Причем, если такие паттерны есть, модель должна их уловить. Однако, если данные не имеют выраженной сезонности, точность этой модели может быть ограниченной. Все это и было заложено в Data Set – отсутствие регулярных внешних факторов (сезонность паттернов не прослеживалась), а причинность трендов не была исследована полностью.

Заключение о том, что модель ARIMA является самой точной,

нельзя считать основным, так как в текущем срезе данных выбранные оцениваемые параметры (метрики, сезонности паттернов, неизученность аномалий и их корреляция с последующими событиями, количество этапов обучения моделей, ширина скользящего окна и окна наблюдения, и, наконец, размерность исходного Data Set) дополнительно не исследовались. Все это представляет собой предмет последующего изучения.

Полученный результат, представленный на рис. 2, свидетельствует о работоспособности рассмотренных моделей анализа данных, актуальность наиболее простых (математических) методов относительно обучаемых моделей, необходимость в масштабировании этапа метрической оценки прогнозов и добавления «мягких» вычислений для интерпретации общих результатов.

В заключение можно подвести итог: интеллектуальная обработка данных – это процесс анализа, интерпретации и вывода информации из больших объемов данных с использованием методов искусственного интеллекта, машинного обучения и других технологий. Она нужна для выявления закономерностей, трендов и паттернов в данных, что позволяет делать более точные прогнозы, принимать более обоснованные решения и оптимизировать бизнес-процессы.

Поскольку обработка и анализ данных – взаимодополняющие этапы работы с большими объемами данных, а телекоммуникации ОАО «РЖД» требуют новых вызовов в обслуживании и эксплуатации данных, полученный в исследовании результат может служить направлением развития систем мониторинга, диагностики и управления данными в целом.

Точки роста предлагаемой модернизации лежат в плоскости еще более детального исследования данных, которыми располагает телекоммуникационный сектор компании. При этом формирование Data Set в непрерывном и автоматизированном режиме, а также цифровой площадки для непрерывного обучения моделей (перспективных модулей) требует взаимодействия специалистов разных подразделений, а также

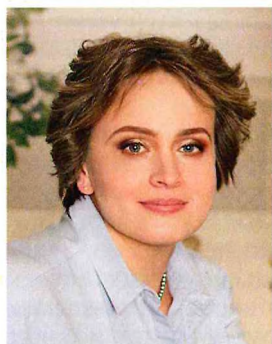
наличия мощных вычислительных ресурсов.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Стратегия цифровой трансформации РЖД // TADVISER. Государство. Бизнес. Технологии: портал. 2023. 07 авг. URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Стратегия\\_цифровой\\_трансформации\\_РЖД](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Стратегия_цифровой_трансформации_РЖД).
2. Азерников Д.В. Создание цифрового двойника инфраструктуры связи на Российском стеке // Автоматика, связь, информатика. 2022. №12. С. 9–13.
3. Наука о данных Data Science // TADVISER. Государство. Бизнес. Технологии: портал. 2023. 01 дек. URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Наука\\_о\\_данных\\_\(Data\\_Science\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Наука_о_данных_(Data_Science)).
4. Data science – наука о данных, как стать data scientist с нуля // Future2Day.ru : сайт. 2019. 25 окт. URL: <https://future2day.ru/data-science/?ysclid=lefyv1nfni774037047>.
5. Ульянова Е.В. Big Data: технология, принципы и архитектура // Журнал Суда по интеллектуальным правам. 2020. № 4 (30). С. 32–41.
6. Логин Э.В. Методика формирования системы управления транспортной сетью связи ОАО «РЖД» : дис. ... канд. техн. наук : 05.12.13 / Место защиты: Гос. университет морского и речного флота им. С.О. Макарова. СПб, 2018. 144 с.
7. Канаев А.К., Логин Э.В., Гришанов И.С. Комплексный алгоритм процессов контроля и управления телекоммуникационной сетью Carrier Ethernet с применением механизмов OAM // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2022. Т. 19, № 2. С. 266–275.
8. Канаев А.К., Логин Э.В., Соколова А.В. Совершенствование системы мониторинга сети связи на основе Data Science // Автоматика, связь, информатика. 2023. № 5. С. 12–15.
9. Канаев А.К., Логин Э.В., Пудовкина К. А. Информационная модель перспективной базы данных в системе управления телекоммуникационной сетью Carrier Ethernet // Известия петербургского университета путей сообщения. 2022. Т. 19. № 3. С. 266–275.
10. Соболев К.В. Автоматический поиск аномалий во временных рядах : магистерская диссертация : 03.04.01 / Место защиты: Московский физико-технический институт. М., 2018. 53 с.
11. Обработка пропусков в данных // www.loginom.ru: сайт. URL: <https://loginom.ru/blog/missing>
12. Салихов М. Логит-регрессия в R // Rpubs.com: сайт. URL: <https://rpubs.com/smarcel/logit>.
13. Метрики качества линейных регрессионных моделей // Loginom : сайт сайт. 2022. 12 дек. URL: <https://loginom.ru/blog/quality-metrics>.



# ПРОТИВОДЕЙСТВИЕ УГРОЗАМ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, СВЯЗАННЫМ С ПРИМЕНЕНИЕМ СРЕДСТВ СТЕГАНОГРАФИИ



**СИДОРЕНКО**  
Валентина Геннадьевна,  
Российский университет  
транспорта РУТ (МИИТ),  
кафедра «Управление и  
защита информации»,  
профессор, д-р техн. наук,  
Москва, Россия



**ГРАЧЕВ**  
Ярослав Леонидович,  
Российский университет  
транспорта РУТ (МИИТ),  
кафедра «Управление и  
защита информации»,  
аспирант, Москва, Россия

**Ключевые слова:** стеганография, стегоанализ, кибератаки, стегодетектор, программное обеспечение, изображения

**Аннотация.** С увеличением степени информатизации транспортной отрасли, в частности железнодорожной инфраструктуры, увеличивается и количество потенциальных угроз информационной безопасности, которые необходимо учитывать при построении систем защиты информации в соответствующих экосистемах. Одна из актуальных проблем – противодействие злоумышленному стеганографическому встраиванию, используемому для доставки вредоносного кода внутрь атакуемой системы. В статье рассмотрены примеры таких атак и предложен способ противодействия им с помощью инструментов стегоанализа. Представлен пример практической разработки стегоаналитического детектора, способного решать задачу обнаружения стеганографии на периметре информационной системы в рамках противодействия скрытию вредоносной информации в наименьших значащих битах (НЗБ) пикселей графических файлов. Продемонстрированы результаты тестирования данного детектора и варианты его внедрения в информационную систему.

■ Железнодорожный транспорт является одной из ключевых инфраструктурных систем Российской Федерации, и обеспечение возможности его безопасного функционирования является одной из важнейших задач. В условиях цифровой трансформации отрасли информационная безопасность становится приоритетной задачей ввиду вхождения информационных систем, информационно-телекоммуникационных сетей и автоматизированных систем управления компании в число объектов критической информационной инфраструктуры.

На данный момент программа инновационного развития ОАО «РЖД» предусматривает решение задач по созданию цифровой экосистемы, которая включает интеллектуальные транспортные системы, автоматизированные системы управления движением, системы дистанционного мониторинга инфраструктуры, использование технологии интернета вещей для мониторинга состояния подвижного

состава [1]. Реализация данных задач сопровождается решением вопросов обеспечения кибербезопасности означенных систем и циркулирующей в них информации. Построение многоуровневой системы информационной безопасности в этих условиях направлено на предотвращение внешнего вмешательства, защиту данных при их передаче и хранении, а также на раннее обнаружение угроз [1].

В связи с этим среди рисков можно выделить методы скрытия информации в файлах изображений, так как графические файлы могут использоваться в системах мониторинга и визуализации движения, а также в системах документирования инфраструктуры и анализа технического состояния объектов. Кроме этого, графическая информация является неотъемлемой частью корпоративных систем управления данными, используемых в компании. Таким образом, возникает задача раннего обнаружения угроз, связанных с применением стеганографиче-



ского скрывает вредоносной информации для транспортировки ее внутрь атакуемой системы.

Стеганография представляет собой способ передачи скрытой информации, т.е. информации, сам факт осуществления передачи которой является тайным [2]. Для реализации подобного сокрытия информации используется, как правило, встраивание информации в так называемые контейнеры – доступные для кодирования бит информации объемы обычных данных [3] – например, значения цветовой интенсивности пикселей изображения.

Стеганография в графических файлах служит одним из наиболее распространенных видов стеганографии в связи с большой вместимостью контейнеров графических форматов. Например, один из самых распространенных способов скрывает информации в наименьших значащих битах позволяет в одном пикселе обычного изображения формата TrueColor скрыть как минимум 3 бита информации (по одному на каждый цветовой канал) [1]. Для квадратного изображения с линейным размером всего 100 пикселей допустимый объем скрывать будет составлять уже 30000 бит – более 3,5 килобайт.

Встраивание информации обычно осуществляется для достижения двух целей:

для обеспечения режима безопасности информации, например, в виде цифровых водяных знаков [4];

для обеспечения канала передачи несанкционированной информации.

Таким образом, средства стеганографии могут применяться в рамках некоторых шагов сложных и комбинированных атак на информационные системы, служа средством надежной передачи, например, вредоносного кода или управляющих сигналов зараженной системе.

#### АТАКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТЕГАНОГРАФИИ

■ Стеганография в последние годы все более активно используется злоумышленниками при совершении кибератак [1]. На рис. 1 представлено количество упоминаний об атаках с использованием стеганографии в аналитических статьях, новостных заметках и отчетах по информационной безопасности на более, чем 50 профильных ресурсах, в том числе официальных новостных изданиях и отчетах компаний Kaspersky, Positive Technologies, Fortinet, ESET, McAfee за 2011–2024 гг. Как можно видеть, в 2018–2019 гг. произошел значительный рост атак, использующих методы стеганографии, и на данный момент, с 2022 г., продолжает фиксироваться дальнейшее увеличение их количества.

Таким образом, после небольшого провала в частоте использования в 2020–2021 гг. стеганография только продолжает набирать популярность в рамках деятельности злоумышленников для осуществления атак на информационные системы.

Эту тенденцию можно проследить на примере изменения способов доставки уже ранее обнаруженных и известных вредоносных программ. Например, DanaBot – троянская программа, изначально направленная на банковский сектор и пользователей финансовых систем [5]. Она была написана на Delphi, а первая волна атак с ее применением осуществлялась еще в 2018 г. На тот момент для ее внедрения

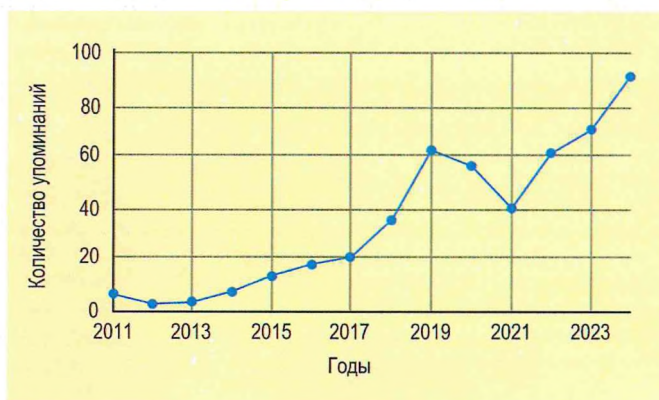


РИС. 1

применялись загрузчики, не использующие методы стеганографии.

Другой пример – впервые обнаруженная также в 2018 г. вредоносная программа SystemBC, предоставляющая злоумышленнику возможности по удаленному управлению зараженным хостом [6]. Аналогичным образом работает и бэкдор Remcos RAT. Атаки, осуществляемые с помощью данных видов вредоносного ПО, связывают с деятельностью хакерских группировок TA544 [7] и TA577 [8].

Объединяющим фактором данных примеров служит использование загрузчика (т.е. набора программных средств и скриптов, с помощью которых непосредственно полезная нагрузка – вредоносное программное обеспечение – попадает и разворачивается внутри атакуемой системы) IDAT Loader. В первой половине 2024 г. была зафиксирована новая серия хакерских атак, связанных с использованием указанных видов вредоносного ПО, однако теперь алгоритм его доставки и внедрения злоумышленниками при помощи IDAT Loader стал включать в себя методы стеганографии [9].

В целом с весны 2024 г. была развернута серия хакерских атак на информационные системы транспортной инфраструктуры. С помощью трояна DanaBot осуществлялись атаки на транспортные и логистические компании, нарушая, в том числе, работу программного обеспечения, связанного с управлением перевозками, такого как Samsara и Astra TMS [10]. Одной из отличительных особенностей этой кампании является нацеленность именно на транспортный сектор: осуществляются попытки компрометации систем управления автопарком и подвижным составом, организации перевозок, удаленного мониторинга и внутренних корпоративных систем с учетом особенностей устройства и функционирования данного программного обеспечения.

Летом 2024 г. эта тенденция расширилась вредоносной кампанией с использованием Remcos RAT, также активно внедряемого при помощи IDAT Loader на основе стеганографии [11].

Как видно из приведенной информации о росте частоты атак с использованием стеганографии, только за прошедшие 9 месяцев 2024 г. их количество существенно выросло в сравнении с 2023 и 2019 гг., когда наблюдался резкий всплеск интереса злоумышленников к такому способу скрытой передачи вредоносной информации.



Согласно отчетам ОАО «РЖД» за 2023 г. было осуществлено более 600 тыс. попыток кибератак на системы и ресурсы железнодорожной инфраструктуры, нацеленных на системы продажи билетов, веб-сайты компании, сервисы информационного обеспечения перевозок и мониторинга инфраструктуры. Таким образом, в рамках реализации задач по цифровой трансформации транспортной железнодорожной инфраструктуры и развития информационной экосистемы компании требуется усиливать меры защиты от кибератак.

Поскольку количество атак, в том числе таргетированных, на транспортную инфраструктуру растет как в Российской Федерации, так и по всему миру, в том числе на системах железнодорожного транспорта, а вместе с этим среди злоумышленников увеличивается популярность применения стеганографии для осуществления внедрения вредоносного программного обеспечения, возрастает актуальность решения задач противодействия атакам, использующим данную технику, в рамках задач раннего обнаружения угроз.

### СЦЕНАРИЙ АТАКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СТЕГАНОГРАФИИ

■ Типичный сценарий атаки, в рамках которой используется стеганография, выглядит следующим образом:

В атакуемую систему доставляется некий скрипт или вредоносный модуль, который:

загружает внешний файл (как правило, файл изображения);

распаковывает его, т.е. извлекает встроенную средствами стеганографии информацию;

обеспечивает запуск извлеченного вредоносного кода.

Извлеченный вредоносный код запускается и осуществляет действия в интересах злоумышленника.

Таким образом, стеганография выступает средством скрытой и плохо детектируемой доставки основного вредоносного кода, непосредственно осуществляющего атаку. Благодаря этому изначальный скрипт (или набор скриптов), заражающий систему, также имеет больше возможностей для маскировки, так как его функциональность крайне мала. По сути, ему нужно лишь загрузить графический файл с внешнего сервера и, уже работая внутри атакованной системы, извлечь из него основную вредоносную программу.

В качестве примера можно рассмотреть серию атак в середине 2023 г., отнесенную к хакерской группировке TA558, которые осуществлялись с использованием файлов Excel и скриптов PowerShell [9] и включали в себя следующие действия:

подготовленный злоумышленниками файл Excel отправлялся в ход спам-атаки;

с помощью уязвимости в редакторе формул осуществлялся запуск VBS-сценария, который загружал внешний файл изображения и после этого запускал PowerShell-сценарий;

данный сценарий непосредственно извлекал вредоносный код NET из изображения, осуществлял его сборку и запуск.

PowerShell-скрипты в качестве основного модуля

реализации доставки информации через стегоканал (т.е. исполняемого кода, способного принять и декодировать информацию, скрытую стеганографически), как правило, в изображениях, активно использовались и в упомянутых атаках на транспортную инфраструктуру.

Таким образом, ключевым этапом атаки является возможность загрузки файла с заполненным стегоконтейнером и его декодирования. Причем виды полезной для злоумышленника нагрузки бывают самыми различными: трояны, бэкдоры, любые другие вирусные и вредоносные программы одинаково могут доставляться в заражаемую систему с помощью стеганографии.

Поскольку сами по себе данные варианты вредоносного программного обеспечения не являются принципиально новыми, рост количества атак с использованием стеганографии говорит о том, что скрытое встраивание информации в обычные контейнеры, например, графические файлы, служит для злоумышленников достаточно надежным способом доставки нужной им информации.

В связи с этим важным средством обеспечения безопасности систем является наличие возможности обнаружения стеганографически скрытой информации в обычных, на первый взгляд, файлах данных. Достаточно эффективное решение данной задачи позволит анализировать входящий трафик хоста или системы с целью недопущения загрузки файлов, которые будут маркированы, как подозрительные с точки зрения детектирования стеганографического встраивания [1].

Приоритетное направление в рамках задачи детектирования стеганографического встраивания заключается в анализе файлов графических форматов ввиду большого доступного объема стеганографических контейнеров. Например, загрузчик IDAT Loader использует стеганографию в файлах формата PNG [12], а в упомянутой ранее серии атак со стороны группы TA558 для встраивания информации использовались JPEG-изображения.

Использование именно изображений для осуществления стеганографического встраивания может объясняться также и простотой доставки необходимых злоумышленнику графических файлов внутрь атакуемой системы [13]. Это связано с тем, что изображения представляют собой неотъемлемую часть графических интерфейсов современных операционных систем и программного обеспечения.

Наглядным примером может служить вредоносная кампания группировки Witchetty против правительств на Ближнем Востоке в 2022 г. [14]. В рамках этой атаки злоумышленники использовали скомпрометированное изображение логотипа операционной системы Windows, внутри которого был скрыт вредоносный код. Этот пример показывает, что полезная для злоумышленников нагрузка может быть встроена в графические файлы самого разного вида (например, в файлы иконок, логотипов, в том числе внутри почтовых сообщений, заставок и др.). В случае компрометации злоумышленниками внешнего сервера или канала связи атакуемой системы с ним, например, подмены трафика при обращении к серверу обновлений операционной системы, ата-



кованная система может загрузить изображение со встроенным вредоносным кодом даже без дополнительного загрузчика.

### СТЕГАНОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

■ Стегоанализ – это область исследований, посвященная изучению вопросов обнаружения стеганографического скрытия [15]. Он является одновременно подразделом стеганографии и форензики.

Ключевой задачей стегоанализа служит обнаружение встроенной информации как таковой. Факт обнаружения скрытых данных уже означает провал стеганографической системы и успешность стегоаналитических мероприятий [15]. В качестве дополнительных задач и потенциальных целей стегоанализа выделяются возможности извлечения обнаруженного сообщения и его модификация [13].

Существует множество различных методов стегоанализа, направленных на обнаружение использования той или иной стеганографической техники. Наиболее универсальными по количеству обнаруживаемых видов стеганографии являются слепые методы стегоанализа [13, 15]. Основную их часть составляют математические методы, основанные на анализе статистических характеристик изображения. Такие методы, хотя и с различной точностью, способны обнаруживать встраивание информации в пространственную или частотную область изображения.

Наиболее распространенный метод стеганографии – это метод сокрытия информации в наименьших значащих битах (НЗБ) изображения, который представляет собой стеганографию в пространственной области. На сегодняшний день одним из приоритетов в задачах стегоанализа является повышение точности обнаружения информации за счет применения математических методов стегоанализа.

Для этого используется комплексный подход [16], сочетающий в себе применение не одного, а сразу нескольких методов стегоанализа и формирование результата на основе анализа оценки, полученной каждым из них [17]. Однако методика комплексного стегоанализа может быть расширена за счет учета дополнительных вычисляемых характеристик изображения. В частности, учет качественных характеристик (зашумленность, резкость, контрастность, энтропия и размытость) позволяет повысить точность детектирования стеганографического скрытия за счет уменьшения шанса ложноположительных срабатываний анализатора [16].

Применение такой методики стегоанализа требует решения двух подзадач:

формирования набора методов стегоанализа, на основе оценок которых будет приниматься решение о детектировании скрытия и выбора дополнительных характеристик изображения, которые будут учитываться анализатором;

разработки системы, способной формировать окончательный вывод об обнаружении стеганографии в изображении на основе результатов работы выбранных методов стегоанализа и значений дополнительных характеристик.

Решение второй подзадачи сводится к использованию методов машинного обучения – выбору и

обучению модели, способной показывать наибольшую точность формирования корректных выводов о наличии либо отсутствии скрытой информации в изображении на основе результатов стегоанализа и подсчета характеристик, получаемых в рамках реализации первой подзадачи.

### ПРИМЕНЕНИЕ СРЕДСТВ СТЕГООАНАЛИЗА ДЛЯ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ АТАКАМ

■ Для противодействия злоумышленному применению стеганографии в информационных системах требуется использовать стегоаналитические системы – программные детекторы, реализующие тот или иной метод комплексного стегоанализа [1]. Такой детектор должен на вход получать файл изображения и возвращать вывод о наличии или отсутствии встроенной информации.

Стегодетектор работает как анализатор входящего, а при необходимости и исходящего трафика, автоматически исследуя файлы графических форматов на наличие скрытых в них данных. Он должен быть установлен на периметре информационной системы и включен в работу компонентов системы защиты информации. Поскольку для этого требуется осуществлять полный анализ входящих файлов, стегодетектор может быть подключен к IPS/IDS либо запускаться на прокси-сервере, через который идет трафик. Таким образом, результаты стегоанализа могут использоваться в режиме реального времени для пометки файлов изображений как подозрительных или полной их блокировки и недопущения внутрь системы. Схема связи стегодетектора с компонентами СЗИ отражена на рис. 2.

В рамках исследования возможности применения предлагаемого стегоаналитического детектора разработан экспериментальный программный комплекс StegoRevealer, ориентированный на обнаружение стеганографического скрытия информации в НЗБ в файлах графических форматов PNG и BMP.

Данный детектор использует методику комплексного стегоанализа. Для решения первой подзадачи анализа в рамках данной методики используются методы стегоанализа по критерию Хи-квадрат и Regular-Singular для формирования оценки предполагаемого относительного объема скрытой инфор-

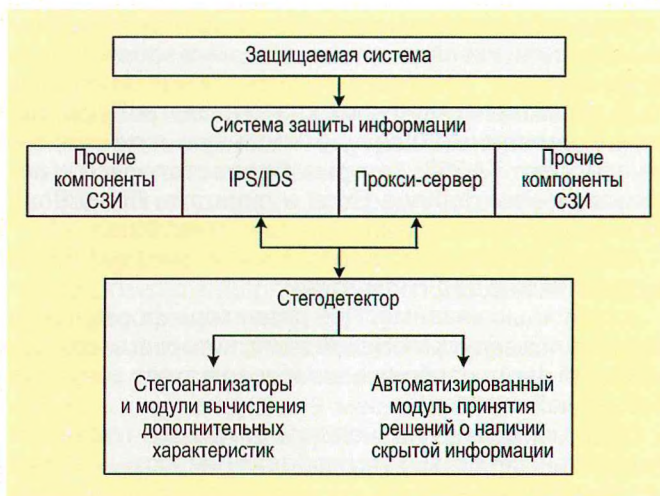


РИС. 2



Таблица 1.

Скрытие данных	Вывод стегодетектора	
	Изображение подозрительное	Изображение не подозрительное
Скрытие осуществлялось	492	5
Скрытие не осуществлялось	12	485

мации. Данные методы позволяют обнаруживать информацию, встроенную в НЗБ последовательным и псевдослучайным способом, при уровне заполненности контейнера не менее 0,1 % (для Хи-квадрат) и 4,1 % (для Regular-Singular) [17].

Для уточнения результатов этих оценок и уменьшения количества ложноположительных ошибок используются результаты работы реверсивного метода стегоанализа скрытия, осуществленного методом Коха-Жао (этот метод позволяет встраивать информацию в частотную область изображения – блоки матриц дискретного косинусного преобразования), и ряд статистических характеристик качества изображения: зашумленности, резкости, контрастности, размытости и энтропии [16]. Учет данных качественных характеристик позволяет повысить точность оценки для низкокачественных (например, нечетких или зашумленных) изображений. Оценка предполагаемого наличия скрытой информации в частотной области позволяет скорректировать возможное влияние различных статистических аномалий в частотной области изображения на результаты стегоанализа в пространственной области, т.е. в НЗБ [16].

В рамках решения второй подзадачи комплексного стегоанализа – формирования вывода о наличии либо отсутствии скрытия на основе набора полученных оценок – используются методы машинного обучения. При использовании алгоритма случайного леса, высокая точность классификации которого достигается за счет использования большого ансамбля решающих деревьев, точность на сформированной обучающей выборке составляет 84 %. Обучающая выборка содержит более 16 тыс. изображений, в половине из которых осуществлено встраивание информации. Изображения данной выборки включают скрытые последовательным и псевдослучайным способом в одном или двух НЗБ. Таким образом, разработанный детектор использует обученную модель для формирования окончательного вывода о наличии встроенных данных, т.е. о том, нужно ли считать графический файл подозрительным.

Для проверки работы детектора была сформирована тестовая проверочная выборка из 994 изображений, в половине из которых осуществлено встраивание информации последовательным или псевдослучайным способом в одном НЗБ (графические и текстовые материалы для подготовки выборки не пересекались с использованными при формировании обучающей выборки). Точность работы обученной модели на данной выборке составила 98 %. В табл. 1 приведена матрица ошибок. На основе анализа полученных данных можно сделать вывод, что для выбранного набора методов и дополнительных характеристик в рамках методики комплексного стегоанализа детектор обеспечивает более высокую

точность при обнаружении скрытия, производимого в один НЗБ (98 %). Однако он сохраняет высокую точность и при обнаружении менее безопасного с точки зрения незаметности передачи данных скрытия в двух НЗБ (от 84 %).

В рамках тестирования данной выборки скорость осуществления стегоанализа на системе с пиковой производительностью около 500 Гигафлопс составила в среднем 1680 мс для изображений размером 1920x1080 пикселей и 757 мс для изображений размером 1280x720 пикселей. При использовании более производительных промышленных аппаратных систем возможно дальнейшее снижение времени выполнения стегоанализа ввиду широких возможностей параллелизма при работе задействованных в рамках разработанного детектора стегоаналитических алгоритмов, в первую очередь это возможность вычисления необходимых для работы стегоаналитического алгоритма параметров и статистических характеристик одновременно и параллельно на наборе частей изображения (блоков матрицы пикселей) вместо последовательного обхода всех пикселей изображения.

В зависимости от выдвигаемых требований к производительности детектора и, соответственно, временной задержки пропуска файлов изображений внутрь системы возможны два варианта его размещения:

на той же виртуальной или физической машине, где расположен прокси-сервер или IPS/IDS;

на выделенной специально для детектора виртуальной или физической машине (этот вариант потребует также проработки вопроса обеспечения безопасного сетевого канала от прокси-сервера или IPS/IDS к машине, на которой будет развернут детектор).

Второй вариант, несмотря на усложнение инфраструктуры безопасности, может быть более предпочтительным, если выстроенная система обеспечения информационной безопасности требует подключения и использования стегоаналитического детектора сразу в нескольких узлах системы (например, если одновременно развернуты и прокси-сервер, и IPS/IDS).

Развитие и увеличение числа транспортных информационных систем, и, в частности, систем, связанных с обеспечением функционирования железнодорожного транспорта, сопровождается ростом количества инцидентов информационной безопасности в них. В то же время современные способы осуществления кибератак все чаще используют методы стеганографии в качестве скрытого и безопасного для злоумышленников способа доставки вредоносного кода внутрь атакуемых и заражаемых систем. В этой связи одной из важнейших задач развития информационной инфраструктуры является развитие систем раннего обнаружения угроз, способных противодействовать использующим стеганографию атакам путем детектирования встроенной информации.

Так как большинство подобного рода способов доставки вредоносной информации использует методики скрытия данных внутри файлов графических форматов, требуется разработка детектора, способного анализировать изображения на предмет



модификации их НЗБ – наиболее распространенно-го и выгодного с точки зрения доступного объема контейнера способа осуществления стеганографического скрытия. Эту задачу решает программная реализация методики комплексного стегоанализа, предполагающая использование набора результатов работы стегоаналитических методов, а также дополнительных характеристик и параметров изображения для формирования оценочного вывода о наличии или отсутствии встроенной в графический контейнер информации. Данный вывод формируется с применением методов машинного обучения.

Данная реализация стегоаналитического детектора может быть встроена в контур системы защиты информации в качестве одного из дополнительных модулей IPS/IDS или модуля анализа трафика на прокси-сервере. Включение такого детектора позволяет решить одну из задач раннего обнаружения угроз – задачу противодействия злоумышленному применению стеганографии при кибератаках.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Грачев Я.Л., Сидоренко В.Г. Задачи автоматизации стегоанализа // Интеллектуальные транспортные системы : материалы II Международной научно-практической конференции. М., 2023. С. 450–455.
2. Варновский Н.П., Голубев Е.А., Логачев О.А. Современные направления стеганографии // Математика и безопасность информационных технологий : материалы конференции / МГУ. М., 2005. С. 32–64.
3. Конахович Г.Ф., Пузыренко А.Ю. Компьютерная стеганография. Теория и практика. Киев: МК-Пресс, 2006. 286 с.
4. Стеганография, цифровые водяные знаки и стеганоанализ / А.В. Аграновский, А.В. Балакин, В.Г. Грибунин, С.А. Сапожников. М.: Вузовская книга, 2009. 217 с.
5. Банковский троян DanaBot атакует пользователей в странах Европы // Хабр : портал. 2018. 25 сент. URL: <https://habr.com/ru/companies/eset/articles/424401/> (дата обращения 29.09.2024).
6. Truman D. Inside the SYSTEMBC Command-and-Control Server // Kroll : портал. 2024. 19 янв. URL: <https://www.kroll.com/en/insights/publications/cyber/inside-the-systembc-malware-server> (дата обращения 28.09.2024).
7. Threat Actor Profile: TA544 targets geographies from Italy to Japan with a range of malware // proofpoint : site. 2019.

Jul 11. URL: <https://www.proofpoint.com/us/threat-insight/post/threat-actor-profile-ta544-targets-geographies-italy-japan-range-malware> (дата обращения 29.09.2024).

8. TA577 меняет тактику: фишинговые письма для кражи NTLM-хэшей // SecurityLab.ru. 2024. 5 марта. URL: <https://www.securitylab.ru/news/546498.php> (дата обращения 29.09.2024).

9. Threat actor employs PowerShell-backed steganography in recent spam campaigns // Cyble : site. 2023. Aug 25. URL: <https://cyble.com/blog/threat-actor-employs-powershell-backed-steganography-in-recent-spam-campaigns/> (дата обращения 29.09.2024).

10. Security brief: actor uses compromised accounts, customized social engineering to target transport and logistics firms with Malware / proofpoint : site. 2024. Sept. 24. URL: <https://www.proofpoint.com/us/blog/threat-insight/security-brief-actor-uses-compromised-accounts-customized-social-engineering> (дата обращения 28.09.2024).

11. New IDAT loader attacks using steganography to deploy Remcos RAT // The Hacker News : site. 2024. Feb. 26. URL: <https://thehackernews.com/2024/02/new-idat-loader-attacks-using.html> (дата обращения 02.10.2024).

12. The Rhysida Ransomware : activity analysis and ties to vice society // Check Point Research : site. 2023. Aug. 8. URL: <https://research.checkpoint.com/2023/the-rhysida-ransomware-activity-analysis-and-ties-to-vice-society/> (дата обращения 02.10.2024).

13. Грачев Я.Л., Сидоренко В.Г. Применение стегоанализа для обеспечения целостности информации в интеллектуальных системах транспорта // Интеллектуальные транспортные системы : материалы Международной научно-практической конференции. М., 2022. С. 389–396.

14. Witchetty : group uses updated toolset in attacks on governments in Middle East // Security.com : site. 2022. Sept. 29. URL: <https://symantec-enterprise-blogs.security.com/threat-intelligence/witchetty-steganography-espionage> (дата обращения 02.10.2024).

15. Fridrich J. Steganography in digital media. Principles, algorithms, and applications. Cambridge: Cambridge University Press, 2010. 431 p.

16. Грачев Я.Л., Сидоренко В.Г. Использование статистических характеристик изображения для уточнения результатов стегоанализа // Интеллектуальные транспортные системы : материалы III Международной научно-практической конференции. М., 2024. С. 563–569.

17. Грачев Я.Л., Сидоренко В.Г. Стеганоанализ методов скрытия информации в графических контейнерах // Надежность. 2021. Т. 21, № 3. С. 39–46.

## СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

КОМПЛЕКС УСЛУГ НА ПРОТЯЖЕНИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

1



РАЗРАБОТКА  
И ПРОЕКТИРОВАНИЕ

2



ПРОИЗВОДСТВО

3



СТРОИТЕЛЬСТВО  
И ПУСКОНАЛАДКА

4



СЕРВИС

5



УТИЛИЗАЦИЯ





ОБЪЕДИНЕННЫЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ ЗАВОДЫ



# ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ



**ОХОТНИКОВ**  
**Андрей Леонидович,**  
АО «Научно-исследовательский  
и проектно-конструкторский  
институт информатизации,  
автоматизации и связи на  
железнодорожном транспорте»,  
заместитель начальника  
Департамента информационных  
технологий – начальник отдела  
стратегического развития,  
Москва, Россия



**ЦВЕТКОВ**  
**Виктор Яковлевич,**  
АО «Научно-исследовательский  
и проектно-конструкторский  
институт информатизации,  
автоматизации и связи на  
железнодорожном транспорте»,  
заведующий научным отделом,  
профессор, д-р техн. наук,  
Москва, Россия

**Ключевые слова:** транспорт, транспортный объект, беспилотное управление, система технического зрения, информационная система, глубина динамического зрения

**Аннотация.** В статье проанализированы информационные системы технического зрения, применяемые при пилотном и беспилотном управлении, показаны их особенности. Приведен анализ датчиков в системах технического зрения. Отмечено ограничение использования некоторых из них при скоростном и высокоскоростном движении. Указано, что реализацию систем технического зрения необходимо осуществлять с интеграцией с другими системами. Рассмотрен пример внедрения интегрированной системы на электропоезде «Ласточка» Московского центрального кольца. Введено понятие глубина динамического зрения.

■ Средства технического зрения применяются достаточно давно [1]. Первоначально они работали в режиме фиксации и получения визуального образа, имели невысокое разрешение и предназначались для контроля качества и иных видов контроля [2]. Развитие этого направления способствовало созданию цифровых фотоаппаратов. Другое направление было связано с получением потока информации и требовало наличия носителей большой емкости. В результате его развития появились цифровые видеокамеры.

Благодаря соединению потокового технического зрения с информационно-измерительными системами родились системы технического зрения (СТЗ). Использование базы знаний и/или библиотеки визуальных образов в сочетании с СТЗ привело к появлению информационных систем технического зрения (ИСТЗ), которые часто называют упрощенно СТЗ. Однако именно ИСТЗ оказались

достаточными для поддержки принятия решений в управлении транспортными объектами (ТО), в том числе и для беспилотного управления. ИСТЗ становятся необходимыми для функционирования интеллектуальных транспортных (ИТС) и беспилотных авиационных (БАС) систем [3].

## ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ КАК ЧАСТЬ СИСТЕМЫ БЕСПИЛОТНОГО УПРАВЛЕНИЯ

■ Основой управления беспилотным транспортом являются

специализированные системы. Условно их можно назвать информационными, поскольку они используют информационные модели. В тоже время многие из них включают интеллектуальные подсистемы, чаще всего на базе искусственной нейронной сети (ИНС). Информационная система технического зрения входит в состав системы управления беспилотным транспортом (СУБТ), обобщенная структура которой приведена на рис. 1.

Данная система включает в себя непосредственно аппаратную

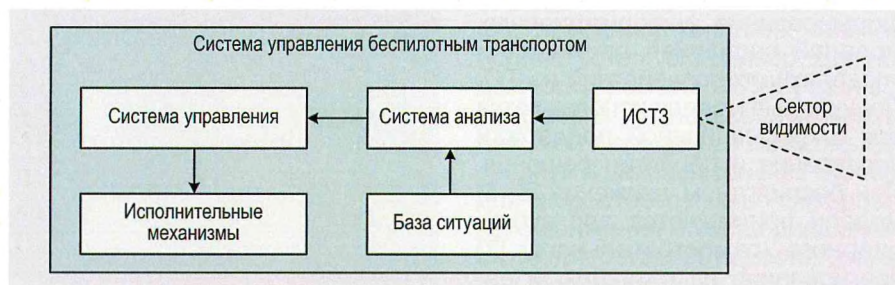


РИС. 1



часть СТЗ и информационную поддержку. Данные ИСТЗ поступают в систему анализа, использующую базу об информационных ситуациях [4] движения и управления. Затем данные передаются в систему управления, которая вырабатывает управляющие воздействия, исходя из возможностей, типов исполнительных устройств и возможных сценариев (информационных ситуаций).

Важно отметить тот факт, что классическая или типовая система технического зрения использует информацию в секторе видимости, от которого существенно зависят возможности беспилотного управления. Сектор видимости имеет ограничения по дальности и углу зрения. Во время функционирования ИСТЗ контролирует окружающую ситуацию и режим управления, передает информацию о результатах управления по каналам телеметрической системы с учетом режима шифрования данных.

Современная информационная система технического зрения представляет собой сложный программно-аппаратный комплекс, состоящий из двух подсистем. Первая подсистема (сенсорная) является аппаратной и содержит датчики, использующие различные диапазоны волн разной физической природы. Она сканирует окружающее пространство по ходу движения транспортного объекта (ТО) для построения и моделирования информационной ситуации, а также определяет объекты, которые видны в секторе видимости ИСТЗ. Вторая подсистема – информационная, содержащая вычислитель с информационным и программным обеспечением (ПО), в том числе часто ИНС. Она обрабатывает сенсорные данные, полученные от датчиков, входящих в состав аппаратных средств ИСТЗ.

Результатом обработки служит динамическая модель информационной ситуации на пути движения ТО, а также создание основы для формирования информационных моделей сценариев движения и управляющих воздействий на ТО. Полученные модели используются для информационной поддержки управления и принятия решения. При беспилотном движении [5, 6] модели применяются для субсидарного (самостоятельного) [7] реагирования на ситуацию и автоматического изменения режима

движения ТО. В современных СТЗ функционируют сенсоры в разных диапазонах: ИК – инфракрасном, О – оптическом, УФ – ультрафиолетовом, УЗ – ультразвуковом, РЛ – радиолокационном, Л – лазерном.

К оптическим датчикам относят видеокamеры. Они преобразуют динамическое оптическое изображение в цифровой поток видеоданных, отображающих реальную ситуацию в виде информационной модели. В совокупности датчики позволяют получить комплексную модель ситуации даже при неблагоприятных погодных условиях. Основными показателями видеокamер являются: разрешение, размер пикселя, динамическая глубина зрения, динамический диапазон плотностей, яркость, резкость, квантовая эффективность, отношение сигнал/шум.

Тепловизор или ИК-камера – служит для определения спектра температуры объектов ситуации и дает возможность обнаруживать их в условиях плохой визуальной видимости. Неблагоприятные погодные условия (сильные порывы ветра, которые приводят к смещению тепловых контуров, обильные осадки и туман) задерживают инфракрасное излучение. В пасмурную погоду наиболее информативен коротковолновый инфракрасный диапазон (SWIR). В условиях плотного тумана или ночью в теплую погоду более качественное изображение будет у камеры длинноволнового инфракрасного диапазона (LWIR). Основные показатели ИК-датчиков: разрешение, чувствительность, фокусное расстояние и угол зрения, точность измерения. Кроме того, они характеризуются динамической глубиной «теплого» зрения.

Лидары [8] обнаруживают и определяют расстояние до объекта с помощью монохроматического отраженного светового лазерного импульса, представляя собой активные дальнометры оптического диапазона. Однако

эффективность лидеров снижается во время сильного дождя или низких облаков из-за эффектов рефракции, а также при наличии большого числа отражающих элементов в секторе видимости. Основные показатели лазерной системы: динамическая дальность обнаружения или динамическая глубина «лазерного» зрения; отражательная способность воздуха, диапазон точности, диапазон угловых координат, длина волны излучения. Общей характеристикой датчиков является динамическая глубина зрения.

### ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ КАК СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

■ ИСТЗ может применяться при ручном управлении как система поддержки действий машиниста. Машинист осуществляет рецепцию информации, визуально отслеживая ситуацию из кабины локомотива, принимает решения, используя свои когнитивные способности. Зрительный аппарат человека определяет яркость, форму, цвет, удаленность, объемность, качество, а также размер объектов. Рецепция информации вводит дополнительный параметр время реакции или время формирования пространственной ситуации. У человека этот параметр много больше, чем у ИСТЗ. Кроме того, фактор усталости, не свойственный СТЗ, увеличивает время реакции человека. Преимущество действий машиниста заключается в образном мышлении. Он воспринимает информацию по образам, а не по пикселям и битам. База данных образов хранится в памяти машиниста и чем его опыт работы значительнее, тем больше образов он имеет и тем оперативнее реагирует на ситуацию.

ИСТЗ не имеет эмоций и когнитивных проблем. Она действует эффективней человека в условиях плохой видимости, не устает и

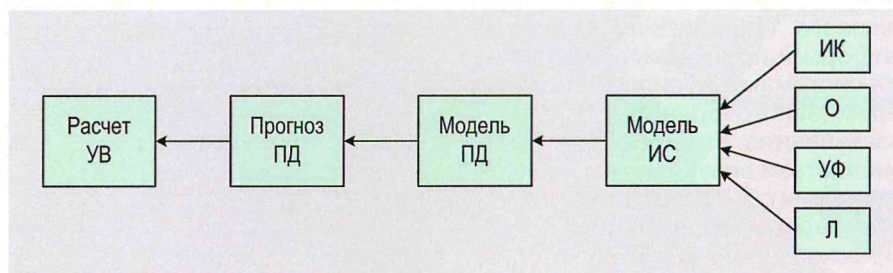


РИС. 2



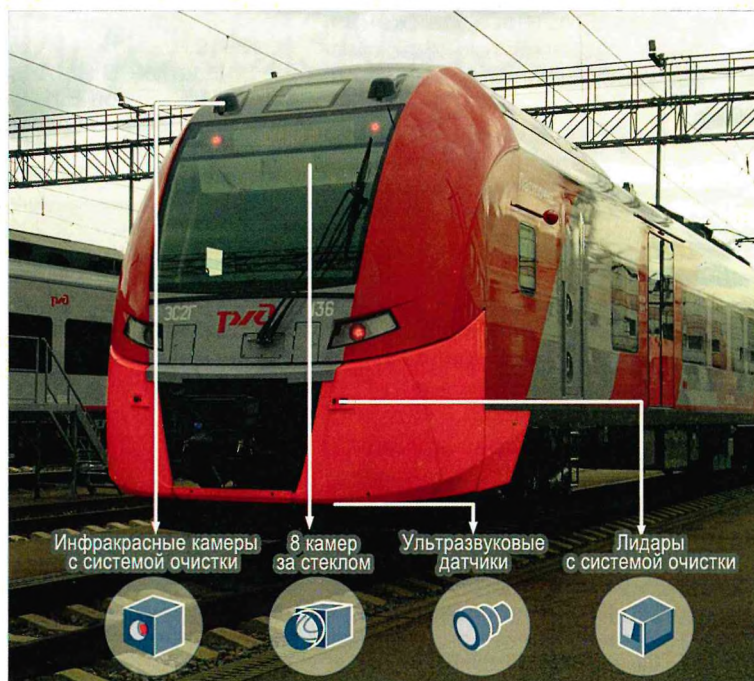


РИС. 3

постоянно (со скоростью поступающего информационного потока) контролирует информационную ситуацию при движении ТО. Для нее фактор динамической глубины играет важную роль. Как уже отмечалось, подсистема ИСТЗ обрабатывает большой объем данных с использованием моделей информационных ситуаций. Они выполняют ту же роль, что ассоциации в памяти машиниста. Их накопление повышает скорость реакции. Такой механизм реализуется с помощью обучаемой нейронной сети. Общий алгоритм работы ИСТЗ приведен на рис. 2.

Существуют разные виды ИСТЗ: инфраструктурные, бортовые, комплексные. Инфраструктурная ИСТЗ устанавливается на придорожном оборудовании. Ее основная цель – контроль ситуации в зонах ограниченной видимости или повышенной опасности и поддержка действий оператора (диспетчера). Бортовая ИСТЗ предназначена

для обеспечения безопасного движения поезда при ручном или беспилотном управлении. Она повышает качество обнаружения объектов-препятствий при любых погодных условиях, но в рамках динамической глубины зрения.

Бортовой ИСТЗ присущи такие основные функции, как:

фиксация информационной ситуации на пути следования;

обнаружение препятствий в габарите подвижного состава (красная зона), аномальных объектов красной зоны;

распознавание объектов, представляющих потенциальную угрозу (желтая зона), аномальных объектов желтой зоны;

обнаружение видимых сигналов (огни светофоров, сигнальные знаки, диски, щиты, ручные сигналы работников железнодорожного транспорта и др.), регулирующих сигналов зоны движения;

комплексная передача информации об обнаруженных аномаль-

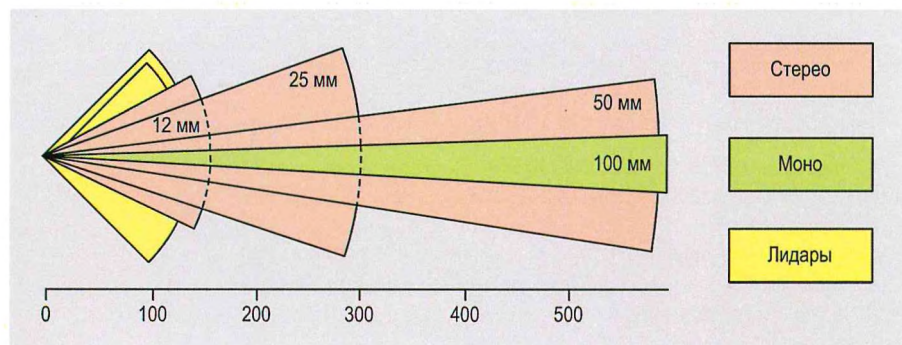


РИС. 4

ных объектах в систему управления ТО и центр дистанционного контроля и управления (ЦДКУ).

Аномальные объекты должны быть обязательно обнаружены на дистанции не менее, чем длина тормозного пути, но лучше – превышающей тормозной путь. Под контролем бортовой ИСТЗ находится несколько зон обнаружения препятствий, количество которых зависит от динамической глубины зрения датчиков.

#### БОРТОВАЯ ИСТЗ НА ПРИМЕРЕ ЭЛЕКТРОПОЕЗДА «ЛАСТОЧКА» [9]

■ Система ИСТЗ [10] устанавливается непосредственно на подвижной состав (в каждый головной вагон электропоезда) и осуществляет контроль свободности пути перед подвижным составом на дистанции не менее 600 м.

В состав бортовой системы технического зрения входят камеры визуального (моно и стерео видеокамеры) и инфракрасного (тепловизоры) спектра, лазерные сканеры (лидары), ультразвуковые датчики и – вычислитель (рис. 3). Бортовая ИСТЗ имеет модульную архитектуру и специальное программное обеспечение. В конечном исполнении она может включать в себя 4 лидара, 4 датчика (ультразвуковых), 2 тепловизора и 8 видеокамер. Сенсоры бортовой ИСТЗ контролируют разные зоны и секторы видимости в зависимости от динамической глубины зрения (рис. 4).

Дальняя зона (не менее 600 м) реализуется с помощью монокулярной камеры с объективом 100 мм и стереокамеры, построенной на базе двух камер с объективом 50 мм. Средняя зона (не менее 300 м) контролируется стереокамерой на базе двух камер с объективом 25 мм (в перспективе – 2 лидарами), а ближняя (до 150 м) – стереокамерой на базе двух камер с объективом 12 мм и двумя лидарами.

На средней дистанции для определения препятствий в плохих погодных условиях обычно используется тепловизор. Для надежности работы ИСТЗ реализовано взаимное перекрытие между ближней и средней, а также между средней и дальней зонами. Однако для скоростного и высокоскоростного движения глубина динамического зрения здесь недостаточная.

Обработку данных с сенсоров технического зрения осуществля-



ет специальный вычислитель, а моделей ситуаций – искусственная нейронная сеть. Именно использование информационных моделей ситуаций и искусственной нейронной сети отличает ИСТЗ от типовой системы технического зрения.

Таким образом, можно сделать следующие выводы. Применение бортовой ИСТЗ в текущей конфигурации применимо для скорости движения ТО до 100 км/ч и не подходит для скоростного и высокоскоростного транспорта. Это обусловлено тем, что глубина динамического зрения в этом случае превышает тормозной путь. При скоростном движении тормозной путь составляет более 400 м, а при высокоскоростном не менее 1300 м. Возможности обычных камер (в оптическом и ИК-диапазоне) позволяют выявлять объекты на расстоянии до 1,5–2 км. Возможности лидара более широкие, а дальность его работы зависит от мощности зондирующего излучения. Так, для наблюдения объектов на расстоянии до 8–10 км потребуется лазер с длиной волны 1064 нм и энергией импульса 1700 мДж, что эквивалентно 170 МВт. Для беспилотных воздушных судов с характеристиками лидара (частотная ширина полосы усиления – 1 ГГц, диаметр чувствительной области приемника – 50 мм, мощность импульсного лазера – 1 МВт) максимальная дальность обнаружения объектов составит около 240 м [11].

В связи с этим для скоростного

и высокоскоростного движения бортовая система технического зрения должна поддерживаться инфраструктурными системами технического зрения, расположенными вдоль трассы или мобильными СТЗ на базе БАС. Это направление является следующим этапом развития систем технического зрения. С точки зрения анализа ситуаций необходимо разрабатывать локальные и стационарные базы данных информационных ситуаций. Параллельно важно накапливать опыт по применению и обучению искусственных нейронных сетей. Также перспективным следует считать разработку методов применения моделей знаний в информационных системах технического зрения.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Лонский И.И. Техническое зрение для контроля качества и прогнозирования надежности полупроводниковых планарных структур // Электронная техника. Серия 3. Микро- и нанoeлектроника. 1980. № 4. С. 117–121.
2. Review of surface defect detection of steel products based on machine vision / Bo Tang, Li Chen, Wei Sun, Zhongkang Lin // IET Image Processing. 2023. Vol. 17. №. 2. С. 303–322. <https://doi.org/10.1049/ipr2.12647>
3. Цветков В.Я., Ознец В.В. Мониторинг транспортной инфраструктуры с использованием интеллектуальных БПЛА // Автоматика, связь, информатика. 2020. № 8. С. 18–21. DOI 10.34649/AT.2020.8.8.001.
4. Цветков В.Я. Модель информационной ситуации // Перспективы

науки и образования. 2017. №3 (27). С. 13–19.

5. Цветков В.Я., Андреева О.А., Рогов И.Е., Титов Е.К. Ситуационное моделирование транспортной инфраструктуры при мобильном лазерном сканировании // Автоматика, связь, информатика. 2020. № 2. С. 2–4. DOI 10.34649/AT.2020.2.2.001.

6. Dolgy A.I. Spatial logic in process of unmanned vehicle operation / A.I. Dolgy, I.N. Rozenberg, V.Ya. Tsvetkov // AIP Conference Proceedings. Melville, New York, United States of America. 2021. С. 50059.

7. Гордиенко Е.П. Развитие беспилотных технологий на железнодорожном транспорте // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). 2020. С. 82–85.

8. Лёвин Б.А. Субсидиарное управление на железной дороге / Б.А. Лёвин, В.Я. Цветков, Ю.В. Дзюба // Мир транспорта. 2019. Т. 17. №4 (83). С. 22–35.

9. Li Y. Lidar for Autonomous Driving: The Principles, Challenges, and Trends for Automotive Lidar and Perception Systems / Y. Li., J. Ibanez-Guzman // IEEE Signal Processing Magazine. 2020. Т. 37(4). С. 50–61.

10. Андреев В.Е. О комплексном проекте внедрения системы управления движением электропоездов ЭС2Г «Ласточка» на МЦК в автоматическом режиме // Железнодорожный транспорт. 2020. № 11. С. 5–11.

11. Расчет предельно измеряемой дальности лидара на беспилотном летательном аппарате для задач распознавания объектов / А.А. Ерин, А.Д. Хомоненко // Бюллетень результатов научных исследований. 2020. Вып. 2. С. 45–59. DOI: 10.20295/2223-9987-2020-2-45-59.



### Подписка на бумажную версию журнала «АВТОМАТИКА, СВЯЗЬ, ИНФОРМАТИКА» на первое полугодие 2025 г.



Для оформления подписки через Почту России (можно на 1 месяц) достаточно перейти по ссылке <https://podpiska.pochta.ru/press/П5063>, заполнить заявку на получение журнала на домашний адрес, до востребования или через почтовый ящик и оплатить подписку онлайн. Стоимость одного номера 436,63 руб., на полугодие 2619,78 руб.



Оформить онлайн подписку также можно через наш сайт [www.asi-journal-rzd.ru](http://www.asi-journal-rzd.ru) в разделе «Подписка».

Наши авторы и читатели могут также приобрести номера журналов по перечислению **с самовывозом** из Центра научно-технической информации и библиотек – филиала ОАО «РЖД» (Рижская площадь, д. 3).

Стоимость одного экземпляра для физ. лиц 366,30 руб. с учетом НДС  
для юр. лиц 606,10 руб. с учетом НДС

Для оформления счета для покупки журналов обращайтесь в ЦНТИБ по телефонам:  
+7 (499) 262-81-58, +7 (499) 262-54-29



# ВЗАИМОСВЯЗАННОСТЬ, УСТОЙЧИВОСТЬ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ

В рамках «Транспортной недели–2024» в Москве прошло главное деловое событие отрасли – международный форум и выставка «Транспорт России». Основной темой мероприятия стало определение ключевых элементов эффективной транспортной системы. Участники обсуждали развитие высокоскоростного движения, искусственный интеллект и цифровизацию на транспорте, вопросы кадрового потенциала и грузоперевозок разными видами транспорта и др.



■ Форум стартовал с пленарной сессии «Транспортное сотрудничество «СНГ плюс»: взаимосвязанность, устойчивость, эффективность». На ней спикеры отмечали роль транспорта и логистики в процессах углубления экономической интеграции и сотрудничества в СНГ. Они также рассказывали о ключевых проектах стран Содружества по обеспечению транспортной связности и инициативы по развитию международных транспортных коридоров и маршрутов.

Министр транспорта РФ **Р.В. Старовойт** поделился информацией о разработке новых нацпроектов «Эффективная транспортная система» и «Инфраструктура для жизни», создании транспортного каркаса. При этом главенствующим проектом является проектирование и создание первой высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Санкт-Петербург.

Он отметил, что разворот грузопотоков на восток и юг потребовал активизации работы по развитию инфраструктуры страны. Сегодня

реализуется целый комплекс мер по снятию инфраструктурных ограничений, созданию условий для опережающего развития – это касается, прежде всего, Транссиба, БАМа, развития пунктов пропуска, подходов к морским портам на ключевых направлениях. Реализация предусмотренных мер должна сделать транспортную систему еще более конкурентной.

Последние несколько лет много сделано на важнейших транспортных артериях Запад – Восток и Север – Юг. Для развития перевозок на приоритетных направлениях строятся новые специализированные терминалы, ведется развитие Северного морского пути от Санкт-Петербурга и Калининграда до Владивостока и строительство сети опорных автодорог, обходов городов и агломераций. Они оснащаются современными техническими средствами (весогабаритным контролем, фотовидеофиксацией и др.).

В ответ на развитие транспортной системы усиливается взаимодействие различных видов

транспорта. А это, в свою очередь, влияет на смежные отрасли: экологию и производство. Поэтому эти вопросы следует рассматривать совместно. Большое значение здесь имеют развитие бесшовных перевозок и увеличение пропускной возможности пунктов пропуска.

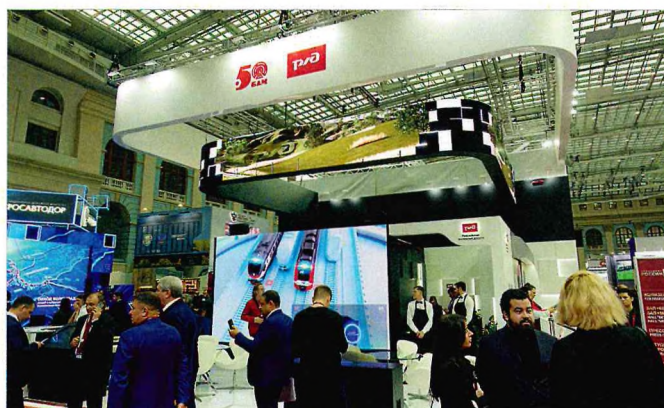
Еще один важный инфраструктурный проект – развитие городского электрического транспорта. В ряде городов страны идет его комплексная модернизация. Городской транспорт все больше сращивается с пригородным, в связи с чем формируются транспортные мультимодальные системы агломераций.

Министр транспорта уделил особое внимание международным транспортным коридорам. Сегодня там внедряется целый комплекс транспортно-логистических решений, включающий перевод в электронный вид перевозочных документов.

В конце выступления Р.В. Старовойт перечислил основополагающие принципы транспортного сотрудничества «СНГ плюс»:



Общий вид выставки



Стенд ОАО «РЖД»



взаимоуважение, равноправие и, как следствие, взаимовыгодное сотрудничество.

В ходе пленарной дискуссии «Эффективная транспортная система. Ключевые элементы» эксперты разбирали модель развития скоростного движения в России, повышение доступности и безопасности транспортных услуг, а также механизмы укрепления технологического суверенитета отечественного транспорта.

Председатель Правительства РФ **М.В. Мишустин** подчеркнул, что, несмотря на непрекращающееся санкционное давление, транспортная отрасль продолжает поступательно развиваться. В 2024 г. продолжился рост пассажирских и грузовых перевозок. Это говорит о высокой адаптивности всех видов транспорта, устойчивости их работы.

Генеральный директор – председатель правления ОАО «РЖД» **О.В. Белозёров** напомнил о задачах, стоящих перед компанией. Так, к 2030 г. необходимо в полтора раза увеличить перевозки по международным транспортным коридорам и нарастить экспорт продукции агропромышленного комплекса.

Поскольку несырьевой неэнергетический экспорт идет, прежде всего, в контейнерах, компании придется изменить структуру перевозок по всем направлениям.

ОАО «РЖД» обеспечивает более 25 % пассажирооборота страны. Это порядка 234 тыс. поездов дальнего следования и около 2,4 млн пригородных рейсов. В международном сообщении выполняется более 15 тыс. рейсов в год.

Стоит отметить, что перевозки пассажиров на сети в 2024 г. выросли на 7,2 % по сравнению с аналогичным периодом предыдущего

года. Всего же перевезено более 1,2 млрд пассажиров. Это стало рекордом компании за 15 лет.

ОАО «РЖД» уверенно движется к реализации основной цели на Восточном полигоне – росту провозной способности Транссибирской и Байкало-Амурской магистралей до 210 млн т к 2030 г. и до 270 млн т к 2032 г. «Время сейчас очень динамичное, нужно стараться быстро решать задачи, и транспортники на это настроены!», – подчеркнул глава компании.

Заместитель генерального директора ОАО «РЖД» **Е.И. Чаркин** выступил на сессии с докладом «Код успеха. Цифровые достижения транспорта для национального лидерства». По его словам, обеспечение технологического суверенитета во всех производственных процессах является для ОАО «РЖД» безусловным приоритетом.

В этой сфере важнейшим проектом стала разработка системы управления ресурсами холдинга (СУР). Она необходима для эффективного управления производством, кадрами, финансами и активами крупных компаний. Число одновременно работающих в ней пользователей может достигать 36 тыс. человек. Ежегодно в системе обрабатывается около 300 млн документов.

229 автоматизированных систем российских железных дорог зарегистрированы в реестре российского ПО. Они востребованы и у других участников рынка.

Важным направлением с точки зрения технологического суверенитета, в котором компания принимает непосредственное участие, – индустриальный центр компетенций (ИЦК) «Железнодорожный транспорт и логистика». Это эффективный инструмент межотраслевого взаимодействия,

а реализуемые в нем проекты имеют высокий рыночный потенциал.

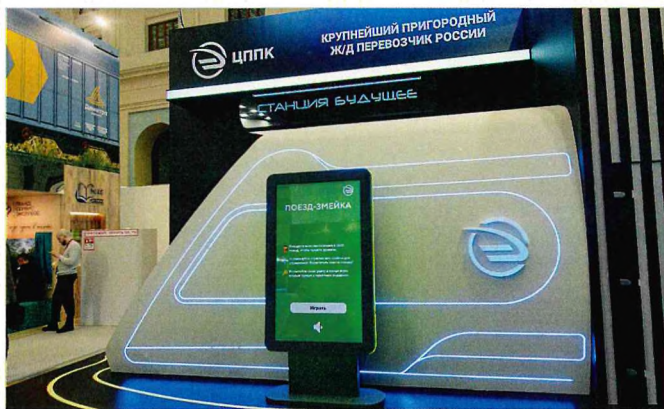
Среди них: автоматизированная система управления «Экспресс» нового поколения, управляющая большинством процессов пассажирского комплекса, а также система прогнозирования пассажиропотоков, которая позволяет при помощи нейросети выработать оптимальный вариант оперативного графика.

Корпоративная система управления данными (КСУД) охватывает всю критически важную информацию компании, нужную для статистического, бухгалтерского и управленческого учета.

Большое внимание уделяется автоматизации рутинных операций. Создана облачная фабрика программных роботов. Наиболее актуальными с точки зрения роботизации можно считать ИТ-технологии, бухгалтерский и кадровый учет, закупочная деятельность и др.

Эффективными сервисами Е.И. Чаркин назвал онлайн-проверку наличия льготы на проезд, отображение купленных железнодорожных билетов в личном кабинете портала «Госуслуги», сервис «Лист ожидания». Последний дает возможность бронировать билет на поезд, где все места уже распроданы, и борется против махинаций с билетами.

В ОАО «РЖД» искусственный интеллект рассматривается как мощный резерв повышения эффективности, в том числе в части перехода на предиктивное обслуживание железнодорожной инфраструктуры. В настоящее время реализованы 28 проектов цифровых сервисов с использованием искусственного интеллекта. Это системы компьютерного зрения, технологии распознавания и синтеза речи, голосовые сервисы и «умные» чат-боты. Они обрабатывают более 50 % об-



Экспозиции ЦППК (слева) и Росавиации (справа)





Заклучение соглашения между ПГУПС и ЦДИ

ращений клиентов, снижая нагрузку на персонал и сокращая время на ожидание ответов. Планируется создание чат-бота для адаптации новых сотрудников, системы по автоматическому стенографированию совещаний.

Ректор Российского университета транспорта **А.А. Климов** принял участие в конференции «Отменять нельзя сотрудничать. Наука в контексте транспортной отрасли». В своем выступлении он подчеркнул важность совместной работы отраслевых компаний и вузов, а также рассказал об инициативах в сфере мотивации студентов. Современная повестка требует интеграции новых моделей сочетания науки и образования. Такие программы, как «Приоритет-2030» и «Передовые инженерные школы», являются основными инициативами по поддержке инженерного и технологического образования.

Выставка стала центральной площадкой для демонстрации достижений отрасли. Свои проекты представили более 100 ключевых игроков рынка.

На стенде ОАО «РЖД» посетители увидели интерьер будущего поезда ВСМ и проекты модульных вокзалов. Такие модули устанавливаются на станциях, где отмечается рост пассажиропотока и отсутствуют здания вокзалов. Среди их преимуществ: скорость и простота монтажа/демонтажа, отсутствие фундамента. Также был представлен цифровой макет нового купейного вагона для маломобильных пассажиров. Его принципиальным отличием является то, что специализированных купе здесь сразу четыре, а не одно. Спальные места в них расположены параллельно

окнам. Благодаря этому коридоры стали шире, а купе – больше.

Авиаперевозчики продемонстрировали инновационную систему самостоятельной регистрации багажа. Теперь пассажиры смогут сдавать багаж всего за 30 с, а встроенный искусственный интеллект обеспечит безопасность процедуры. Система не только ускоряет процесс сдачи багажа, но и предотвращает мошенничество. Попытка приподнять чемодан для уменьшения его веса будет немедленно пресечена.

Новая технология уже проходит тестирование в аэропорту Кольцово в Екатеринбурге. Рассматривается возможность внедрения самостоятельной регистрации багажа во всех крупных аэропортах страны. Это позволит разгрузить персонал, ускорить процесс посадки и сделать путешествия удобнее.

В рамках мероприятия были подписаны 51 соглашение о сотрудничестве и взаимодействии. Например, ОАО «РЖД» заключило такое соглашение с общероссийской общественной организацией «Бамовское содружество». Члены общественной организации, в том числе ветераны БАМа, будут участвовать в экспертизах строительных проектов и программ холдинга и делиться опытом. Кроме того, они смогут мотивировать молодежь, проживающую в регионах Сибири и Дальнего Востока, на работу в ОАО «РЖД» и его структурных подразделениях.

ПГУПС планирует теснее сотрудничать с Московской дорогой и Центральной дирекцией инфраструктуры. Заключенные соглашения предусматривают проведение производственной и преддипломной практики студентов на базе подразделений компании, трудоустройство выпускников, участие руководителей и опытных специалистов в учебном процессе (онлайн-вебинары, семинары и др.).

Университет будет развивать научный потенциал профессорско-преподавательского состава в соответствии с текущими и стратегическими задачами инфраструктурного комплекса компании, внедрять в учебный процесс инновационные образовательные технологии, разрабатывать новые и актуализировать действующие программы дополнительного профессионального образования руководителей и специалистов.

На форуме подвели итоги сразу нескольких транспортных конкурсов и премий. Так, ежегодный конкурс ОАО «РЖД» на лучшее качество подвижного состава и сложных технических систем собрал в этом году 26 заявок от 17 предприятий. Награды победителям вручил заместитель генерального директора ОАО «РЖД» Е.И. Чаркин.

Совместный проект АО «НИИАС» и ООО «Транс-Телематика» «Интегрированный пост автоматизированного приема и диагностики подвижного состава на сортировочных станциях (ППСС)» получил награду в номинации «Системы диагностики и управления».

Проектно-конструкторское бюро локомотивного хозяйства ОАО «РЖД» стало победителем в номинации «Информационные технологии» за автоматизированную систему «Электронный паспорт» (АС ЭП).

ОАО «РЖД» было удостоено национальной премии «Формула движения» в номинации «Лучшее решение в области цифровизации транспорта». Награду получил первый заместитель начальника Департамента информатизации ОАО «РЖД» Г.В. Суконников.

Компания награждена за разработку и внедрение программного комплекса «Прогнозирование пассажиропотоков». Он выполняет полный цикл вычислений (от расчета спроса на перевозки до финансового результата инвестируемого проекта). Вместо нескольких месяцев на расчет трафика требуется всего один день.

Награды завоевали другие проекты ОАО «РЖД» и АО «ФПК»: беспилотная «Ласточка» («Лучшее инновационное решение в сфере транспортной техники»), передвижной консультативно-диагностический центр «Святой Пантелеймон» («Лучший социальный проект в условиях вызовов современной России»), система непрерывного обучения и развития молодежи («Лучшая инициатива в области образования и профессионального развития молодежи»), а также круизный туристический поезд «Жемчужина Кавказа» («Лучшее решение в области пассажирского транспорта»).

На форуме впервые вручили премию в области транспортной науки и техники имени В.Н. Образцова.

НАУМОВА Д.В.



# В МИРЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

## ПОЛНОСТЬЮ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ АТС ВВЕДЕНА В ЭКСПЛУАТАЦИЮ В РЖД

■ Первая на сети ОАО «РЖД» полностью отечественная автоматизированная телефонная станция (АТС) «Протей» введена в промышленную эксплуатацию. Старт запуска АТС дал заместитель генерального директора ОАО «РЖД» Е.И. Чаркин. Новой технологией телефонной связи пользуются уже 1420 абонентов.

АТС «Протей» — это система нового поколения, предназначенная для создания единой защищенной сети связи. Разработчик инновационного программного комплекса — дочерняя компания Научно-технического центра «Протей» из Санкт-Петербурга. Оборудование базируется на современных и перспективных ИТ-технологиях.

Установка АТС в РЖД проведена в рамках первого этапа внутреннего проекта «Модернизация центрального коммутационного узла Центра управления телекоммуникационными ресурсами Центральной станции связи ОАО «РЖД». Он предполагает замену сети общетехнологической телефонной связи для 2,4 тыс. абонентов, расположенных в офисах компании в Москве.

Ранее в РЖД использовалась зарубежная АТС Definity. Заменить ее на отечественную разработку, превосходящую иностранную по параметрам и отвечающую требованиям безопасности компании, было решено в 2022 г. Уже на следующий год соответствующее оборудование от российского производителя было поставлено.

По словам первого заместителя начальника Центральной станции связи Д.В. Азерникова, необходимость импортозамещения технологий и оборудования корпоративной связи продиктована, в том числе, отсутствием перспектив дальнейшей модернизации иностранного аппаратно-программного комплекса. Он отметил, что станция устарела морально и физически, дальнейшая поддержка оборудования и технологий невозможна.

АТС «Протей» обладает рядом преимуществ. Так, американская аппаратура занимала 1,5 аппаратных зала, отечественная размещается на двух стойках. АТС «Протей» потребляет значительно меньше электроэнергии, чем иностранное оборудование. Встроенная система SBC (пограничный контроллер сессий) действует как межсетевой экран, защищающий и скрывающий структуру сети телефонии РЖД от внешнего несанкционированного доступа или вредоносного программного кода. Кроме этого, российская разработка имеет более высокую производительность и надежность.

В марте этого года в ОАО «РЖД» были проведены пусконаладочные работы российской АТС, а также ее тестирование. В апреле успешно завершились приемо-сдаточные испытания. Опытная эксплуатация стартовала в августе.

Планируется, что перевод на отечественную АТС всех 2400 абонентов завершится до конца этого года. При этом емкость нового оборудования превышает 20 тыс. абонентов. Предусмотрены и возможности для развития станции: в частности, подключение видео-конференцсвязи (ВКС) и функций передачи данных. АТС сможет работать с используемыми в РЖД ВКС «IVA R» и сервисом «Экспресс».

<https://rzdigital.ru/>

## НОВЫЕ ОПЦИИ В МОБИЛЬНОМ ПРИЛОЖЕНИИ

■ РЖД расширяет возможности цифровых решений для пассажиров. Новые онлайн-опции для покупки билетов оценят активные пользователи бесконтактных Pay-сервисов, а также владельцы домашних животных.

В новой версии мобильного приложения «РЖД Пассажирам» теперь можно оплатить билеты на пригородные поезда через бесконтактный сервис Mir Pay. Ранее о планах компании по развитию бесконтактных способов оплаты проезда сообщил генеральный директор — председатель правления ОАО «РЖД» О.В. Белозёров.

Для использования новой функции сначала необходимо установить и настроить сервис Mir Pay с токенизированной картой банка (нужно привязать соответствующую карту для бесконтактной оплаты) на своем устройстве, а затем в приложении «РЖД Пассажирам» оформить билет и выбрать Mir Pay как способ оплаты. Ждать код подтверждения от банка и вводить его вручную не нужно — оплата подтвердится самим сервисом.

На странице приложения «РЖД Пассажирам» в RuStore также сказано, что в обновленную версию на страницу с расписанием поездов и в билете на поезд дальнего следования добавлено отображение направления нумерации вагонов (с головы или с хвоста состава).

Еще один новый пассажирский сервис появился на сайте РЖД — он ориентирован на граждан, путешествующих с домашними животными. К слову, в этом году таких пассажиров стало на 8 % больше, чем годом ранее. На поездах дальнего следования вместе с хозяевами поездки совершили 615 тыс. питомцев, в электричках — 1,3 млн зверей, отмечается в официальном Telegram-канале компании «Телеграмма РЖД».

Если ранее при онлайн-бронировании билета можно было узнать только о вагонах, где разрешено перевозить животных (соответствующие вагоны обозначались значком в виде собачьей лапы), то теперь также доступна информация о том, на каких конкретно местах перевозят питомца в переноске (на схеме вагона такие полки выделены темно-серым цветом). «Кликнув» на это место, можно увидеть, какой питомец там поедет и по какому маршруту.

По планам перевозчика, новая опция сделает поездки комфортнее как для владельцев домашних питомцев (они смогут избежать соседства животных «конфликтующих» видов, например, кошек и собак), так и для пассажиров, которые не хотят ехать рядом с четвероногими или не могут этого сделать по состоянию здоровья (например, из-за аллергии).

Также теперь при оформлении электронного билета на перевозку питомца покупателю будет направлена памятка с рекомендациями по подготовке к поездке и правилами поведения в пути. Так, на сайте РЖД сказано, что в поездах дальнего следования на одном месте допускается перевозка не более двух мелких питомцев в переносках. Там же прописаны общие положения и детали по разным типам вагонов (плацкартному, купе, СВ, вагонам с сидячими местами) и опубликованы списки разрешенных и запрещенных к перевозке поездами животных.

<https://rzdigital.ru/>





КОСЫГИН

Владимир Анатольевич,  
ОАО «РЖД», Центральная станция  
связи, сектор ведения и поддержа-  
ния в актуальном состоянии норма-  
тивно-технической документации  
Центра управления телекоммуни-  
кационными ресурсами, начальник,  
г. Саратов, Россия

## РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

**Как показала статистика, в последние пять лет в эксплуатации в ЦСС находилось более 12 тыс. моделей активного оборудования, не считая плат, датчиков и др., а общее количество карт технологического процесса (КТП) насчитывалось около 2,5 тыс. При этом в соответствии с требованиями нормативных документов необходимо было еще выполнять каждое пятилетие анализ технологий. Учитывая, что телекоммуникационные технологии меняются достаточно динамично, при пересмотре КТП, как правило, требовалась их значительная актуализация.**

■ При существовавшей технологии пересмотр карт КТП, которым более 5 лет, занял бы более 150 тыс. нормо-часов, причем вместе с этим требовалась еще и разработка технологии на новые внедряемые модели и типы оборудования. Из-за отсутствия в хозяйстве связи проектно-конструкторско-технологического бюро специалистам филиала приходилось заниматься этим самостоятельно, что весьма усложняло процесс.

Для разрешения сложившейся ситуации в декабре 2020 г. в ЦУТК ЦСС был создан сектор ведения и поддержания в актуальном состоянии нормативно-технической документации. Изначально его усилия были направлены на разработку КТП. Затем для оптимизации процесса было решено перейти на унифицированные карты, в которых предусмотрена обобщенная технология, требования охраны труда и подготовительные-заключительные мероприятия. Все это указано в самой карте, а особенности технологии для конкретных моделей оборудования – в приложении. Этот формат удобен тем, что технология и сведения, необходимые при выполнении работ, сконцентрированы в отдельном документе, а информация, которую требуется изучить до начала работы, приведена непосредственно в КТП.

Учитывая мнение связистов, обслуживающих оборудование, в настоящее время разрабатывается три вида унифицированных КТП.

В первом варианте карт изложена обобщенная технология, а в приложениях даны справочные данные, такие как значение индикации, точки измерения, нормативы и др. Эта информация не всегда бывает нужна, но при необходимости к ней можно обратиться.

Во втором – обобщенная технология указана в карте, а в приложении дана конкретная технология на определенную модель. В этом случае при выполнении работ применяется приложение, где описана полноценная технология, а при его отсутствии можно воспользоваться картой.

В третьем варианте указана только ссылка на приложение, так как нецелесообразно приводить обобщенную технологию из-за существенных отличий между моделями оборудования. В этом случае реализуется приложение с описанием технологии на конкретную модель.

Дополнительно в унифицированных картах дается

ссылка на техническую документацию, чтобы можно было воспользоваться ею при отсутствии приложений на конкретную модель. Таким образом, можно применять унифицированную КТП без приложения.

Для оптимизации процесса разработки КТП дирекциями связи были подготовлены регламент разработки, методические указания по оформлению карты с шаблоном и типовые фразы. В методические указания включены рекомендации по использованию функций автоматизации текстового редактора (формирование содержания, подсчет количества листов, обновление ссылок на пункты). Типовые фразы включают наиболее часто применяемые формулировки с разбивкой по тематикам (например, охрана труда при работах на высоте, вблизи железнодорожных путей, технология при подключении ПК к оборудованию и др.). Таким образом КТП можно формировать по «модульному принципу», используя «модули» из типовых фраз, что помогает сконцентрироваться на технологии. Эти документы позволяют оптимизировать процесс.

Значительную часть задач специалисты сектора выполняют самостоятельно, но при безусловном участии структурных подразделений, причем при рассмотрении КТП они не только дают замечания, но и оперативно осуществляют доработку технологии. Для поиска КТП и МНВ составлен классификатор производственных процессов с указанием адреса размещения КТП, норм времени, идентификатора в ЕСМА. Этот классификатор прописан на информационных ресурсах ЦСС, и здесь можно оперативно найти нужные сведения о КТП и МНВ на оборудование или работу. Такой подход ускорил разработку технологии по техническому обслуживанию оборудования. В результате за последние три года удалось создать нормативно-техническую документацию на 1,5 тыс. моделей оборудования.

В дальнейшем планируется продолжить переход к унифицированному виду КТП на оборудование. Это даст возможность создать унифицированную технологию практически на все модели оборудования и сконцентрироваться на детализированных приложениях. Планируется к 2026 г. выполнить эту процедуру для 85–90 % моделей оборудования и таким образом оптимизировать как процесс разработки, так и использования КТП.



# ЛИДЕР НОВАТОРСКИХ ПРЕДЛОЖЕНИЙ

В компании были подведены итоги конкурса рационализаторских предложений «Идея ОАО «РЖД»-2024». Среди призеров – специалисты Волховстроевской дистанции СЦБ Октябрьской дороги, где рационализаторская деятельность ведется на самом высоком уровне. Первое место в номинации «Лучшее техническое или технологическое решение, направленное на импортозамещение» было присуждено электромеханику КИПа Ю.В. Меркулову за предложение «Вольтметр пороговый трехуровневый» (см. «АСИ», 2024 г., № 9).

■ Трудовой стаж Ю.В. Меркулова на железнодорожном транспорте достаточно велик – около 30 лет. Он зарекомендовал себя высококвалифицированным, авторитетным специалистом, ищущим эффективные пути решения проблем и возможность улучшения качества работы.

Начальник дистанции А.Б. Юдичев так охарактеризовал рационализатора: «Юрий Вячеславович выступает организатором технического творчества в дистанции. Он – автор рационализаторских предложений, направленных на повышение эффективности ремонта средств автоматики и телемеханики. По итогам третьего квартала прошлого года Меркулов вошел в десятку лидеров среди работников дистанции по результатам оценки кадрового потенциала». В 2020 г. он получил звание «Новатор Центральной дирекции инфраструктуры».

Ю.В. Меркулов активно участвует в деятельности рабочей группы по разработке и реализации проектов улучшения. За последние три года он подал четыре рацпредложения с экономическим эффектом 210 тыс. руб.: «Модернизация Системы Светодиодной Светооптической (ССС) мачтового железнодорожного светофора НКМР.676636.030 ТУ», «Способ замены микросхемы 514ИД1», «Блок питания для проверки переходного сопротивления контактов реле ЖАТ» и «Вольтметр пороговый трехуровневый». Рассмотрим более подробно эти предложения.

В процессе эксплуатации в дистанциях СЦБ в светодиодной светооптической системе мачтового светофора была выявлена следующая особенность: ССС может быть включена в систему автоблокировки с питанием исключительно только переменным током. Это объясняется применением на входе платы светодиодов А2 понижающего трансформатора (до 8 В).

Для обеспечения стабильной работы ССС в обычном исполнении при питании переменным и постоянным током Ю.В. Меркулов предложил использовать выпрямитель-стабилизатор, обеспечивающий постоянное напряжение на входе платы светодиодов А2 на уровне 6 В.

В РТУ Бабаево был разработан, изготовлен и испытан модуль, совмещающий в себе выпрямитель и стабилизатор, позволяющий включение ССС в систему автоблокировки с питанием переменным и постоянным током в пределах питающего напряжения 10–15 В. При этом обеспечивается стабилизация потребляемого тока ССС порядка 1,17 А.

Принципиальная электрическая схема модуля А1

и его подключение к плате светодиодов А2 представлены на рис. 1. Типы и номиналы элементов приведены в табл. 1.

Для защиты от короткого замыкания в схеме ССС и перенапряжений на входе предусмотрены самовосстанавливающийся предохранитель FU1 и диод

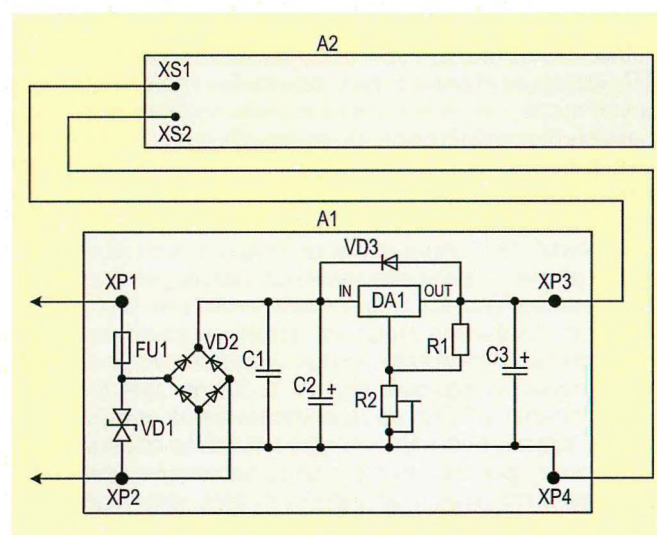


РИС. 1

Таблица 1

Позиционное обозначение	Тип	Номинальное значение
<b>Резисторы</b>		
R1		120 Ом
R2	подстроечный	1 кОм
<b>Конденсаторы</b>		
C1	керамический	0,1 мкФ, 50 В
C2	электролитический	1500 мкФ, 25 В
C3	электролитический	10 мкФ, 50 В
<b>Диоды</b>		
VD1	1,5SMC22CA	
VD2	KBL410 4A	1000 В
VD3	1N4007 1A	1000 В
<b>Предохранитель</b>		
FU1	RXE250	2,5 А
<b>Интегральный стабилизатор напряжения</b>		
DA1	LD1084V	1,25–28,5 В, 5 А



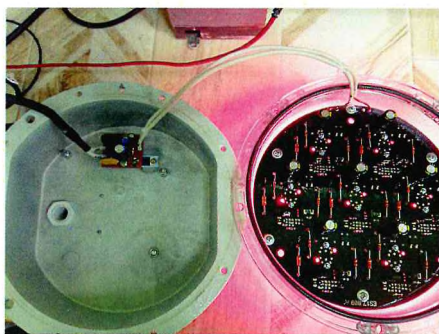


РИС. 2

супрессор VD1. Диодный мост VD2 обеспечивает выпрямление переменного питающего напряжения и допускает любое подключение полюсов при питании постоянным током. Конденсаторы C1 и C2 предназначены для фильтрации выпрямленного

Таблица 2

Позиционное обозначение	Тип	Номинальное значение
<b>Резисторы</b>		
R1	МО-2	4,3 Ом, 2 Вт
R2 x 2	МО-2	5,1 Ом, 2 Вт
R3	MF-0,25	240 Ом, 0,25 Вт
R4,R5	MF-0,25	2,2 кОм, 0,25 Вт
<b>Конденсаторы</b>		
C1	EEUFR1E222S	2200 мкФ, 25 В
C2, C5	TS17(керамика)	0,1 мкФ, 50 В
C3, C4	B41858C5158M	1500 мкФ, 25 В
C6	SS050M0010BZF	10 мкФ, 50 В
C7	TAP225M035SRW	2,2 мкФ, 35 В
<b>Диоды</b>		
VD1–VD2	1N4007	
<b>Микросхемы</b>		
DA1		LD1084V(TO-220)
DA2		LM317T(TO-220)
<b>Предохранитель</b>		
FU1	ВП-4	0,1 А
<b>Трансформатор</b>		
TV1	BV EI 382 1186	2 x 6 В; 4,5 ВА

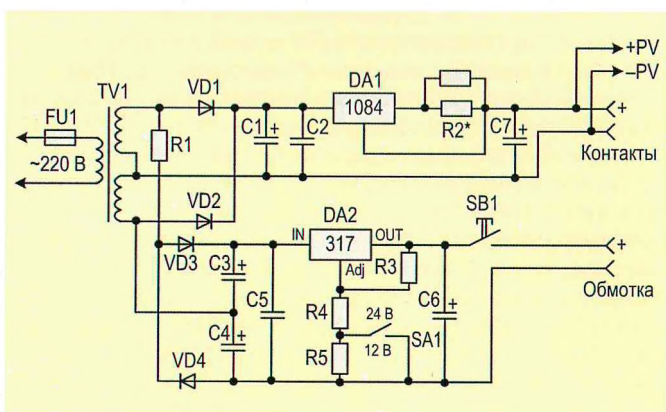


РИС. 3

напряжения на входе интегрального стабилизатора DA1. Диод VD3 защищает микросхему DA1 от возможных бросков обратного тока со стороны ее выхода. Конденсатор C3 служит для обеспечения стабильной работы DA1. Делитель R1–R2 необходим для установки стабилизированного напряжения на входе платы светодиодов A2.

Конструктивно модуль выполнен на печатной плате размером 40 x 45 мм из двухстороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Плата с элементами установлена в корпусе ССС на двух резьбовых стойках М3 высотой 6 мм. Корпус микросхемы через изоляционную прокладку и теплопроводящую пасту закреплен к корпусу ССС винтом М3. Этим обеспечивается эффективный теплоотвод от кристалла интегрального стабилизатора и электрическая изоляция от корпуса ССС (рис. 2).

Настройка модуля сводится к установке уровня стабилизированного напряжения на входе платы светодиодов порядка 6 В при питании ССС переменным напряжением  $12 \pm 0,1$  В. При этом должно обеспечиваться действующее значение потребляемого тока (в пределах  $1,17 \pm 0,05$  А).

Следующее рацпредложение Ю.В. Меркулова – «Блок питания для проверки переходного сопротивления контактов реле ЖАТ». Отметим, что в технологическом процессе РТУ часто возникает необходимость измерения переходного сопротивления контактов реле. В обычном порядке измерения проводятся на стенде СИМ-СЦБ, но периодически возникает необходимость выездной проверки этого параметра реле.

Согласно ТК «Приборы СЦБ. Измерение переходного сопротивления контактов в условиях эксплуатации» исполнитель должен иметь при себе два блока питания, прецизионную нагрузку из резисторов и два измерительных прибора типа Ц4352 для обеспечения сборки схемы измерения и возможности подачи питания на обмотку реле. В РТУ Бабаево был разработан, изготовлен и успешно испытан специализированный блок питания для проведения указанного вида работ.

Схема блока питания представлена на рис. 3 и содержит следующие функциональные узлы: стабилизатор тока и стабилизатор напряжения. Типы и номиналы элементов приведены в табл. 2.

Стабилизатор тока, протекающего через исследуемые контакты реле, выполнен на микросхеме DA1, включенной по типовой схеме стабилизации тока. Переменное напряжение 6 В, снимаемое с начала и конца обмоток и средней точки трансформатора питания поступает на двухполупериодный выпрямитель на двух диодах VD1 и VD2, с которого подается на фильтрующий конденсатор C1 и шунтирующий его C2. Резистор R2 представляет собой сопротивление, собранное из двух параллельно соединенных резисторов с общим импедансом, равным 2,5 Ом. Они обеспечивают значение протекающего через контакты реле постоянного тока равным  $0,5 \pm 0,01$  А.

Стабилизатор напряжения питания обмоток реле выполнен на микросхеме DA2, включенной по типовой схеме стабилизации выходного напряжения. Переменное напряжение 12 В, снимаемое с последовательно соединенных обмоток трансформатора питания, поступает через токоограничивающий резистор R1 на выпрямитель – удвоитель напряжения,



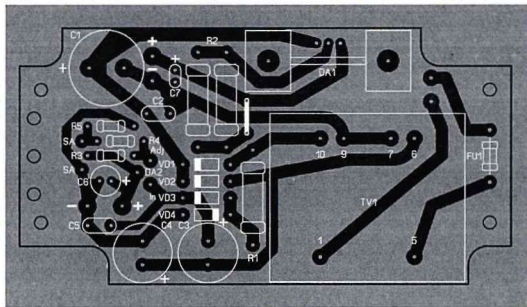


РИС. 4

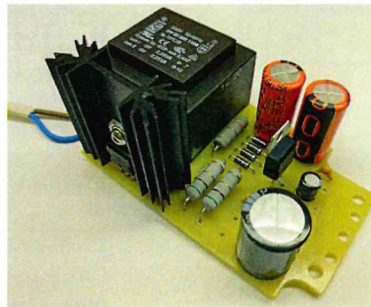


РИС. 5

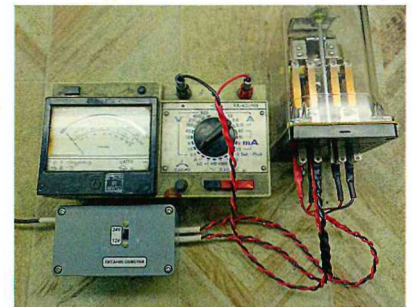


РИС. 6

собранный на диодах VD3, VD4 и конденсаторах C3, C4. Такая схема выпрямителя необходима для получения требуемого входного уровня напряжения микросхемы DA2 с целью обеспечения на ее выходе стабилизированных напряжений питания обмотки реле 12 и 24 В. Переключение уровней производится переключателем SA1 путем включения необходимого сопротивления в управляющей цепи микросхемы DA2.

Конструктивно блок питания выполнен в виде единого модуля, все элементы схемы которого установлены на печатной плате размером 104x54 мм. Плата изготовлена методом ЛУТ из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Чертеж платы представлен на рис. 4.

Модуль помещен в корпус G308 размером 115x65x55 мм (рис. 5). Сбоку корпуса помещается кнопка подачи питания на обмотку реле SB1, а на верхней крышке – переключатель SA1. С одного торца корпуса выведен провод питания ~220 В, на втором торце – кабели для подключения блока питания к контактам реле с параллельно припаянными проводами для подключения вольтметра PV1 (Ц4352) и кабель подключения обмотки реле. Кабели свиты из гибкого провода сечением 0,75 мм<sup>2</sup> и оконцованы соответствующими наконечниками и клеммами.

Основным достоинством предлагаемого блока питания для измерения переходного сопротивления контактов реле является применение стабилизации тока, протекающего через его контакты. Это позволяет отказаться от применения в схеме измерения второго прибора Ц4352 в режиме амперметра и ограничиться измерением только падения напряжения на контактах реле (PV1). Также немаловажны малые габариты и масса блока питания.

Методика проведения измерений переходного сопротивления контактов следующая:

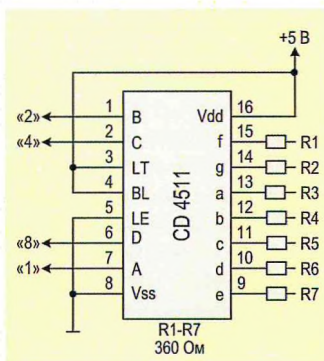


РИС. 7

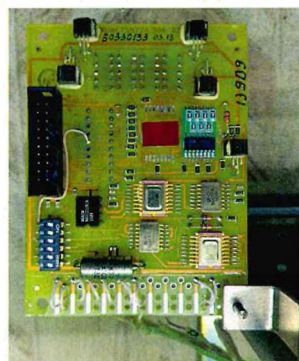


РИС. 8

собрать измерительный стенд (рис. 6). Перед началом измерений убедиться в правильной и соответствующей норме стабилизации тока контактов, для чего включить блок питания в сеть 220 В, перевести прибор Ц4352 в режим амперметра и убедиться по его показаниям в наличии тока, равного  $0,5 \pm 0,01$  А;

подключить соответствующие клеммы кабеля к контактам реле, перевести прибор Ц4352 в режим вольтметра и измерить падение напряжения на контактах, переходное сопротивление контактов определить по формуле:  $R = 2U(Ом)$ ;

для проведения измерений фронтальных контактов, подключить соответствующий кабель к обмотке реле и подать питание нажатием кнопки SB1.

Подключение к контактам реле и измерение падения напряжения на контактах следует выполнять кратковременно, поскольку при длительном подключении протекающий через микросхему DA1 ток нагревает ее.

Ю.В. Меркулов также предложил «Способ замены микросхемы 514ИД1». В условиях РТУ периодически возникает необходимость ремонта генераторов ГПУ – САУТ – ЦМ – Н(Ш). Частой неисправностью указанных генераторов является выход из строя наряду с другими микросхем индикации DD5, DD7 платы А2 типа 514ИД1. В непростой обстановке, сложившейся на рынке электронных компонентов, приобретение таких микросхем затруднительно. В России они не производятся. Складские же запасы у поставщиков микросхем скудны и имеют давние даты изготовления (вплоть до превышения гарантийного срока хранения), причем их стоимость достаточно высока.

Ю.В. Меркулов предложил вариант замены микросхем 514ИД1. В частности, необходимы гасящие резисторы в цепях сегментов семисегментного индикатора (рис. 7).

Корпус SOIC16 не допускает прямой установки на плате А2 генераторов ГПУ – САУТ – ЦМ – Н(Ш). Для возможности замены микросхем 514ИД1 на CD4511BM был разработан и опробован способ, заключающийся в установке микросхемы CD4511BM на плате А2 при помощи платы-переходника (рис. 8).

Выходы на семисегментный индикатор у микросхем CD4511BM имеют бо́льшую допустимую токовую нагрузку, чем у 514ИД1. Таким образом, появляется возможность применить вместо двух микросхем 514ИД1 одну микросхему CD4511BM.

Второе преимущество разработанного способа замены – абсолютная доступность микросхем CD4511BM. Их стоимость с изготовлением плат-переходников в пять раз дешевле оригиналов.

РЯБОВ С.В.



# ГЛАВНОЕ – ПОРЯДОК НА ВВЕРЕННОМ УЧАСТКЕ

■ На исходе 2024 г. старший электромеханик Казанского РЦС Нижегородской дирекции связи ЦСС Сергей Никитич Максимов был удостоен звания «Почетный железнодорожник ОАО «РЖД». И это далеко не первая награда. В его копилке Почетная грамота начальника дороги, знак «За безупречный труд на железнодорожном транспорте 30 лет» и др.

Избрав однажды профессию железнодорожника, Сергей Никитич всю жизнь сохраняет ей верность. Его трудовая биография началась в 1980 г., когда по окончании средней школы Сергей приступил к работе электромонтера связи на Канашской дистанции сигнализации и связи Горьковской дороги. Сюда он пришел по совету отца – человека строгого, но справедливого. Никита Иванович, работавший в дистанции, полагал, что сын должен пойти по его стопам.

Следует сказать, что семья Максимовых представляет собой династию железнодорожников. Дед трудился кузнецом на вагоноремонтном заводе. Одна тетка работала билетным кассиром, другая – монтером пути. Два дяди также трудились на Горьковской дороге – помощником машиниста маневрового локомотива и начальником дистанции гражданских сооружений. Мать Полина Николаевна отработала в товарной конторе станции Канаш 39 лет и закончила трудовую деятельность заведующей контейнерной площадкой.

В 1981 г. Сергей Максимов был призван в Армию, где ему удалось расширить свой опыт связиста. После демобилизации он вернулся в дистанцию уверенным в себе специалистом, стал электромехаником.

В 1996 г. в связи с реорганизацией на дороге были объединены Канашская и Юдинская дистанции. С.Н. Максимов, работая на прежнем месте, стал электромехаником Юдинской дистанции. Без отрыва от производства в 1998 г. он окончил ВЗИИТ, получив квалификацию «инженер-электрик».

Спустя пять лет Сергея Никитича назначают старшим механиком, а в 2004 г. – начальником участка. Через год он заступает на должность заместителя начальника дистанции, где показал себя не только квалифицированным специалистом, но и умелым руководителем. После разделения дистанций в 2007 г. его назначают заместителем начальника Казанского регионального центра связи.

Тем не менее, судьба распорядилась так, что в сентябре 2012 г. С.Н. Максимов переходит на должность старшего электромеханика. О его опыте работы и трудовых свершениях руководители и коллеги говорят с уважением. Так, начальник регионального центра Р.Г. Хуснутдинов характеризует подчиненного как классного специалиста, обладающего высокими профессиональными качествами, отмечает, что возглавляемая им бригада обеспечивает отличное состояние устройств связи.

Начальник участка Р.Ф. Файрутдинов в свое время трудился под началом С.Н. Максимова, а теперь они поменялись ролями. Однако их служебные и личные отношения остались по-прежнему дружескими и уважительными. Рамиль Фарухович подчеркивает, что Сергей Никитич уделяет большое внимание охране труда, разработке и внедрению рационализаторских предложений и проектов бережливого производства.



Сегодня в обязанности бригады С.Н. Максимова входит обслуживание устройств радиосвязи, телефонных линий ОТС и ОБТС, кабельных и волоконно-оптических линий связи, парковой связи громкоговорящего оповещения (ПСГО). В основном это цифровое оборудование, пришедшее на смену аналоговому. Также специалисты организуют связь с местом аварийно-восстановительных работ.

В 2015 г. С.Н. Максимов со своей бригадой участвовал в капитальном ремонте ПСГО Восточного парка станции Канаш. Они заменили более 70 металлических опор ПСГО на диэлектрические системы. В том же году произвели включение устройств системы автоматической идентификации подвижного состава САИ ПС на подъездных путях локомотивного депо станции Канаш. Сергей Никитич, кроме того, активно занимался организацией видеостудии на станции Канаш, а также прокладкой линий и монтажом оборудования. В 2021 г. он участвовал в строительстве высокоскоростной технологической сети передачи данных ВСТ СПД, а затем руководил установкой и внедрением IP-радиостанции РЛСМ-10 по станции Канаш.

«Работает на опережение», – так охарактеризовал деятельность С.Н. Максимова начальник участка. – «Он уделяет большое внимание молодым специалистам. И начинающие сотрудники внимательно прислушиваются к его советам». Сергей Никитич участвовал в конкурсе на звание «Лучший наставник молодежи Горьковской железной дороги-2015» и был отмечен почетной грамотой. Впрочем, ветеран труда считает, что главное – не участие в конкурсах, а исправно работающая аппаратура и порядок на вверенном участке.

На вопрос о внедренных рационализаторских предложениях С.Н. Максимов признается, что большого экономического эффекта от них нет. Однако его новшества позволяют повысить качество связи и добиться удобства при эксплуатации устройств. Например, недавно в переговорных устройствах МРУ был заменен угольный микрофон. В нем использовался мелкий угольный порошок, который в процессе длительной эксплуатации терял свои свойства. В результате новшества связисты получили микрофон с электронной платой, позволивший повысить качество передачи речи.

В минуты отдыха Сергей Никитич любит заниматься садоводством. А еще мечтает совершить дальние путешествия по России, увидеть ее необъятные просторы и насладиться красотой неповторимой русской природы.

РЯБОВ С.В.



# ЖИЗНЬ, СВЯЗАННАЯ С ДОРОГОЙ



**ЗУБАРЕВА**  
Ольга Александровна,  
ОАО «РЖД», Центральная  
станция связи, Ярославская  
дирекция связи, Сольвы-  
чегодский РЦС, электро-  
механик, р.п. Вычегодский,  
Россия



**СПИРИДОНОВА**  
Анастасия Юрьевна,  
ОАО «РЖД», Центральная  
станция связи, Ярославская  
дирекция связи, Сольвы-  
чегодский РЦС, специалист  
по управлению персоналом,  
р.п. Вычегодский, Россия

**Трудовые династии – гордость коллектива каждого предприятия. Семья Анисимовых из рабочего поселка Вычегодский Архангельской области является ярким примером династии железнодорожников. Ее общий трудовой стаж составляет более 130 лет. Без преувеличения можно сказать, что на таких людях и держится дорога!**

■ Глава семейства Тамара Ивановна пришла на Северную дорогу после окончания семилетки в 1943 г. и была принята учеником телеграфиста дистанции сигнализации и связи. Садясь за телеграфный ключ, она каждый раз волновалась – справится ли? Время было военное, суровое, и дисциплина была жесткая. Работали без выходных, внося свой вклад в Великую Победу. И юная девушка всегда чувствовала себя на боевом посту. Во время дежурства 9 мая 1945 г. в 2 часа ночи Тамара и встретила новость о Победе над нацистской Германией.

В День Победы она всегда вспоминает, как старший смены разрешил всем сотрудницам в ту историческую ночь ненадолго отлучиться «до дому». И Тамара, вбежав в родной дом, разбудила, растормошила домочадцев и сообщила им радостную весть.

После войны Тамара Ивановна так и осталась работать на телеграфе Северной дороги, которому отдала более 40 лет. Здесь же повстречала свою судьбу. Ее супруг Владимир Алексеевич в те годы трудился осмотрщиком-ремонтником в Сольвычегодском вагонном депо.

Достойный пример родителей повлиял на выбор

профессии сына Виктора. Азы специальности связиста он начал осваивать еще подростком. Окончив восьмилетку, уехал в Ярославль и стал студентом железнодорожного техникума. После выпуска Виктор был направлен в Казахстан, где монтировал АТС на нефтяном месторождении. Однако после службы в армии вернулся в родной поселок Вычегодский. Трудился сначала электромонтером, электромехаником, а затем занял должность старшего электромеханика и руководил линейным участком Сольвычегодского РЦС протяженностью около 150 км.

Без отрыва от производства Виктор Владимирович в 2006 г. окончил Российский государственный открытый технический университет путей сообщения и получил квалификацию «Инженер путей сообщения».

За время работы на железнодорожном транспорте В.В. Анисимов проявил важные для руководителя качества: техническую грамотность, принципиальность, умение принимать решения и нести ответственность за них. Он внес значительный вклад в модернизацию устройств связи.

В 2013–2016 гг. В.В. Анисимов и его сотрудники ввели в действие цифровые радиостанции типа

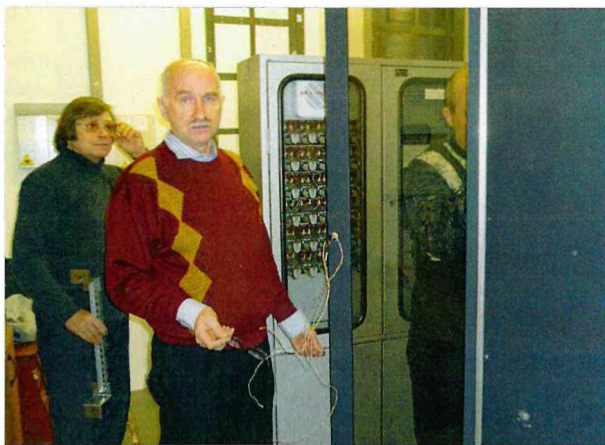


Т.И. Анисимова окружена любовью и заботой



Анисимовы и их коллеги в День Победы





В.В. Анисимов занимается наладкой цифрового оборудования на посту ЭЦ

РВС-1-12, заменили аналоговое оборудование связи на цифровые мультимплексоры СМК-30 и коммутационные станции СМК-30КС. Смонтировали на станциях Урдома и Котлас взамен координатной АТС цифровую коммутационную станцию, освободив при этом большую площадь в арендуемых помещениях. Бригадой В.В. Анисимова была проложена волоконно-оптическая линия на участке Лименда – Сольвычегодск – Урдома протяженностью 130 км.

Бригада В.В. Анисимова организовала доступ к сети Интернет для абонентов ведомственной АТС ОАО «РЖД». Внедрение новой услуги позволило увеличить доходы от подсобно-вспомогательной деятельности.

В коллективе отмечают «фишку» Виктора Владимировича – он всегда безошибочно определяет места повреждения кабеля. И по сей день работники центра обращаются к нему за консультацией.

Заслуги мастера своего дела были отмечены Почетной грамотой начальника Северной дороги, Благодарностью министра транспорта РФ, знаками «За безупречный труд на железнодорожном транспорте 30 лет» и «Почетный железнодорожник ОАО «РЖД».

Супруга В.В. Анисимова Ольга Владимировна немало лет трудилась рядом с мужем в Сольвычегодском РЦС. Она работала электромехаником по измерению, ремонту и обслуживанию кабелей связи.

Продолжают династию семьи железнодорожников два сына. Старший, Владимир Викторович, трудится на предприятии железнодорожного транспорта. Начиная карьеру машинистом-инструктором эксплуатационного локомотивного депо, а сегодня занимает должность начальника отдела по планированию и контролю ремонта локомотивов. Младший, Алексей Викторович, работает электромехаником Сольвычегодского РЦС.

Есть в семье Анисимовых и спортсмены. Сестра Виктора Владимировича Ольга много лет была тренером в Доме спорта станции Сольвычегодск и воспитывала в железнодорожниках спортивный дух.

В праздничные дни все Анисимовы собираются у родоначальницы трудовой династии Тамары Ивановны. В ее честь провозглашаются тосты, звучат душевные песни и звенит звонкий смех детей и внуков счастливой женщины. И мы верим, что с течением времени железнодорожная династия не прервется, а прирастет новыми последователями!

## НОВОСТИ

### КИТАЙ

■ В Китае началось строительство первой междугородней маглев-линии протяженностью 48 км. Она пройдет между городами Чанша и Люян в провинции Хунань.

Проект разделен на два этапа реализации. Первый участок длиной 39,5 км от международного аэропорта Чанша Хуанхуа до города Цили запланирован к вводу в эксплуатацию на 2029 г.

Максимальная скорость на линии составит 160 км/ч. Она будет соединена с эксплуатирующейся маглев-линией длиной 18,5 км, которая была открыта в 2016 г. и идет от железнодорожной станции Чанша Юг до международного аэропорта города Чанша.

На сегодняшний день самой скоростной маглев-линией является Transrapid в Шанхае. Ее максимальная эксплуатационная скорость составляет 431 км/ч.

Источник: [www.railjournal.com](http://www.railjournal.com)

■ На железных дорогах Китая начались опытные рейсы контейнерных поездов, перевозящих аккумуляторные батареи на основе лития для электромобилей. Первые три таких поезда были отправлены в конце ноября с двух станций в провинциях Сычуань и Гуйчжоу на юго-востоке страны.

Для транспортировки батарей служат оборудованные датчиками дыма и температуры контейнеры нового типа, в конструкции которых использованы негорючие материалы.

Литиевые батареи относятся к опасным грузам, ранее их перевозили в пределах страны только водным и автомобильным транспортом. Китай является крупнейшим в мире экспортером таких батарей. Доставка этой продукции с предприятий в глубине страны по железной дороге к морским портам ускорит перевозки и сделает их более эффективными.

Источник: [www.russian.news.cn](http://www.russian.news.cn)

### ВЕНГРИЯ

■ Венгерский оператор Rail Cargo Hungaria получил разрешение на эксплуатацию двух новых гибридных локомотивов Class 461, произведенных на заводе в китайском городе Чжучжоу.

Договор аренды заключен на четыре года. Оператор рассматривает возможность приобретения еще 22 локомотивов, четыре из которых будут произведены в Венгрии.





Локомотивы Class 461 имеют гибридную тягу: мощность электродвигателя, работающего от контактной сети, составляет 850 кВт, а мощность литий-титанатных батарей – 350 кВт. Перед вводом в эксплуатацию они проходили трехлетние испытания.

Китайский производитель CRRC Zhuzhou Locomotive Co совместно с венгерской группой Acemil построит в Венгрии завод по производству подвижного состава. Новое предприятие будет также экспортировать свою продукцию на европейский рынок. Начать производство магистральных и маневровых локомотивов, электропоездов и вагонов локомотивной тяги планируется в следующем году.

Источник: [www.techzd.ru](http://www.techzd.ru)

## СИНГАПУР

■ Китайская компания CRRC Sifang будет осуществлять мониторинг состояния поездов в Сингапуре.

Новая система мониторинга должна идентифицировать небольшие механические напряжения и деформации, возникающие в компонентах поезда, что позволит персоналу депо оптимизировать планирование осмотров и ремонтных работ.

В рамках контракта будет модернизирована бортовая управляющая и информационная система (TIMS). Это даст возможность получать более детальные и точные данные о техническом состоянии критически важного поездного оборудования, что поможет перевозчику в дальнейшем совершенствовать технологию предупредительного технического обслуживания и минимизировать отказы подвижного состава на линии.

Кроме того, CRRC Sifang возьмет на себя обновление системы кондиционирования воздуха на одном из поездов серии C151B с установкой более мощного и экологичного оборудования.

Партнеры намерены также изучить возможность модернизации тягового оборудования и вспомогательных преобразователей поездов этой серии.

Источник: [www.zdmira.com](http://www.zdmira.com)

## АЗЕРБАЙДЖАН

■ Министерство цифрового развития и транспорта Азербайджана и Европейский инвестиционный банк подписали Меморандум о взаимопонимании с целью подготовки и оценки проекта обновления, расширения и модернизации сети ЗАО «Бакинский метрополитен».

Проект предусматривает строительство девяти новых станций и модернизацию существующей инфраструктуры.

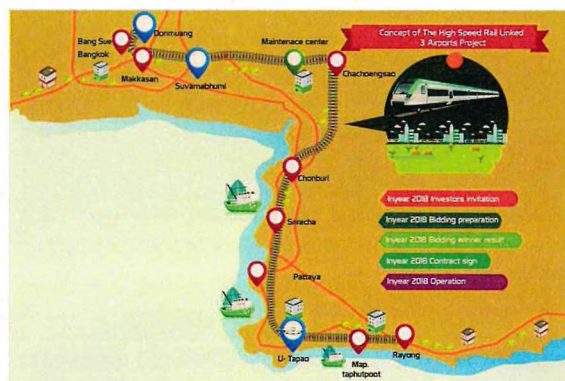
Метро в Баку последовательно расширяется согласно Концептуальной схеме развития линий Бакинского метрополитена до 2040 г. Планы по его развитию включают не только строительство новых станций, но и сокращение интервалов между поездами и удлинение платформ со 100 до 140 м на проектируемых линиях для увеличения составности поездов с пяти до семи вагонов.

С момента открытия Бакинского метрополитена в 1967 г. и до сих пор подвижным составом его обеспечивает предприятие «Метровагонмаш» (входит в ТМХ). До 2026 г. планируется поставка 65 новых вагонов.

Источник: [www.techzd.ru](http://www.techzd.ru)

## ТАИЛАНД

■ Кабинет министров Таиланда согласовал обновленный контракт по реализации проекта скоростной железнодорожной магистрали, которая свяжет три международных аэропорта (Суварнабхуми, Донмыанг и Утапао) и обеспечит скоростное сообщение между Бангкоком и курортом Паттайя.



Строительство планируется начать в начале 2025 г. Информации о том, какие поезда будут закуплены для магистрали, пока нет. При этом на строящейся скоростной линии Бангкок – Нонгхай будут эксплуатироваться китайские высокоскоростные поезда Fuxing Hao CR300AF. Несмотря на возможность работать на скорости 300 км/ч, их эксплуатационная скорость в Таиланде будет 250 км/ч.

Источник: [www.nationthailand.com](http://www.nationthailand.com)

■ Компания Hitachi Rail выиграла два контракта на модернизацию двух железнодорожных линий в Таиланде. На них будет установлена аппаратура европейской системы управления движением поездов ETCS уровня 1. Общая протяженность путей, которые оснастят этой системой, составит 780 км.

Кроме того, бортовыми устройствами ETCS будут оборудованы три единицы подвижного состава.

Работы будут выполняться в рамках долгосрочной программы Государственных железных дорог Таиланда, направленной на строительство вторых путей на магистральных линиях и модернизацию систем СЦБ и связи с последующим развертыванием ETCS в качестве национальной системы локомотивной сигнализации. Она реализует функции точечной АЛС, контролирующей скорость движения поездов в зависимости от показаний напольных светофоров.

Источник: [www.mynewsdesk.com](http://www.mynewsdesk.com)

## ИТАЛИЯ

■ В Милане запущена в эксплуатацию линия беспилотного метро. В эксплуатацию введен последний участок линии метрополитена М4 длиной 15 км.

47 беспилотных поездов будут курсировать с интервалом в 90 с, сокращая его до 75 с в час пик. Они могут развивать скорость до 80 км/ч, пассажироместимость каждого поезда – 500 человек.

В комплекте с подвижным составом компания Hitachi Rail поставила систему сигнализации, оборудование для электроснабжения третьего контактного рельса, телекоммуникации, платформенные раздвижные двери, систему управления SCADA. Компания также установила систему сигнализации АТС,





которая использует технологию CBTC, что позволит поездам передвигаться автономно.

В состав новой линии вошла станция Tolstoj, названная в честь русского писателя Льва Толстого. Станция расположена рядом с одноименной улицей, получившей свое название в 1957 г. (когда власти района внедряли в городскую топонимику названия, связанные с выдающимися историческими и культурными деятелями).

Источник: [www.techzd.ru](http://www.techzd.ru)

## КАНАДА

■ В Канаде построены две станции по производству и заправке локомотивов водородным топливом. Первая станция находится в Калгари, вторая – в Эдмонтоне.

На каждом объекте установлен электролизер мощностью 1 МВт, а также системы сжатия, хранения и выдачи топлива для локомотивов. Электролизер станции в Калгари частично питается от солнечной электростанции мощностью 5 МВт.

В сентябре завершилась первая фаза испытаний локомотива CP Class 1200, работающего на водородном топливе. Локомотив был переоборудован из дизель-электрического маневрового локомотива CP 1200.

Источник: [www.railway-technology.com](http://www.railway-technology.com)

## ФРАНЦИЯ

■ Государственный оператор SNCF и производитель транспортной техники Lohr представили обновленный дизайн легкого аккумуляторного рельсового автобуса Draisu для коротких железнодорожных маршрутов в сельской местности.

Испытания Draisu начнутся в начале 2027 г. на линии Сарральбе – Кальхаузен в регионе Гран-Эст во Франции. Его выход на рынок запланирован на 2028 г.

Пассажировместимость вагона – до 80 человек, включая 30 мест для сидения. Максимальная скорость – 100 км/ч, он может ездить за счет аккумулятора на расстояние до 100 км. В обновленном дизайне вагон получил более обтекаемые формы и панорамное остекление.



Подвижной состав с подобными характеристиками может быть востребован во Франции, поскольку треть железнодорожных линий в стране не электрифицирована и расположена вдали от крупных магистралей. В условиях повышения требований к экологичности транспорта аккумуляторные вагоны могут стать перспективным решением.

Источник: [www.lohr.fr](http://www.lohr.fr)

## ИСПАНИЯ

■ Система наземного токосъема начала работать в Барселоне. В эксплуатацию введен первый участок трамвайной линии протяженностью 2 км с тремя остановками. В перспективе короткий маршрут в центре города длиной 3,9 км и без контактной сети должен соединить две изолированные друг от друга трамвайные системы города.

Пути и 18 трамваев оборудованы системой наземного токосъема APS. Она передает энергию через секционный контактный рельс, уложенный на уровне дорожного покрытия. Напряжение подается только на те секции пути, которые находятся под трамваем. Это исключает риск поражения электрическим током пешеходов.

Впервые технология APS была реализована во французском Бордо в 2003 г. Сейчас она применяется в 11 городах во Франции, Австралии, Бразилии, ОАЭ, Турции, Катаре и Эквадоре.

Источник: [www.rollingstockworld.com](http://www.rollingstockworld.com)

## ЦИФРОВОЙ АРХИВ АСИ

**А мы к вам с отличными новостями! Теперь у нашего журнала «Автоматика, связь, информатика» появился полноценный цифровой архив!**

**Все выпуски журнала за его столетнюю историю доступны по ссылке**

**<https://asi.npsrail.ru>**



■ Ищите отдельные статьи или номера журналов с поиском по авторам, выпускам или годам

■ Скачивайте журналы

■ Расширяйте кругозор и пополняйте «копилку» знаний, читая наш журнал

**Уникальная информация о развитии железнодорожной автоматики, связи и информатизации, изобретениях, интересных людях и событиях стала доступнее и ближе!**

**Благодарим за поддержку при создании архива ГК «Нацпроектстрой».**



# ABSTRACTS

## On increasing the efficiency of maintenance of electrical centralization devices

**ALEXANDER G. OBOSKALOV**, JSC «Russian Railways», Sverdlovsk Infrastructure Directorate, Head of the Automation and Telemechanics Service, Ekaterinburg, Russia  
**SERGEY A. SHCHIGOLEV**, LLC «Uralzheldoravtomatizatsiya», Director of Scientific Work, Ph.D. (Tech.), Ekaterinburg, Russia, shchigolev0156@mail.ru

**ADAM P. RAZGONOV**, Professor, Doctor of Technical Sciences, Ekaterinburg, Russia  
**Keywords:** effectiveness of maintenance, electrical centralization, railway switch, electric drive, control of insulation of switch

**Abstract.** The article considers the challenges related to maintaining crucial nodes in electrical circuits, particularly the nodes controlling switches. It proposes solutions to enhance the reliability of their operation and the accuracy of monitoring regulatory parameters, as well as measures for organizing more effective maintenance, additionally, the results of traction force measurements using dynamometers are discussed, along with proposed formulas for evaluating their errors and the reasons for incorrect monitoring of switch positions in the event of a short circuit in the contact network to the rails.

## Optimization of the use of the frequency spectrum in railway transport

**ARTEM Y. TARANENKO**, Giprottranssignalsvyaz Design University – branch of Roszheldorproekt JSC, Chief Project Engineer, St. Petersburg, Russia, TaranenkoAU@rzd.ru

**ANDREY A. GRITSENKO**, JSC Information and Space Center «Severnaya Korona», General Director, Candidate of Technical Sciences, St. Petersburg, Russia, org@spacecenter.ru

**DMITRY P. LOBEEV**, Giprottranssignalsvyaz Design University – branch of Roszheldorproekt JSC, Communications Department Engineer, postgraduate student, St. Petersburg, Russia, mladkevich@mail.ru  
**Keywords:** digital technological radio communication systems (CSTR), railway radio communication, LTE, frequency spectrum, electromagnetic compatibility (EMC)

**Abstract.** At the moment, the design and development of the Moscow – St. Petersburg high-speed railway is underway, in which LTE technology will be used as the main technology in the field of radio communications. Due to the narrow band allocated for railway transport (1785–1805 MHz) and the limitations of the GCRF on the width of the channel used, it is necessary to make an informed choice on the use of the frequency spectrum band.

## Data forecast in the monitoring system

**ELINA V. LOGIN**, Petersburg State Transport University, Department of Electrical Communication, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, St. Petersburg, Russia, elinabeneta@yandex.ru

**Keywords:** Data Science, forecasting, data mining, telecommunication network, regression analysis

**Abstract.** Monitoring and evaluation of the condition of the equipment in the monitoring system is carried out through software modules. Their main task is to collect and partially process data, which to varying degrees assess the functioning of the entire process control system. However, the Russian Railways data transmission network, which is currently under management, includes a large number of controlled means of communication, and the ongoing modernization of its technologies requires restructuring of data collection processes and the development of modules for data processing using complex calculations. Along with the constantly changing technical complexity of management facilities, the task of improving individual subsystems of the ESMA is already being implemented. This article suggests a direction for expanding the functionality of a promising management system, which will allow, in the context of partially intelligent big data processing and predictive analytics, to quickly manage the state of devices and, regardless of the degree of complexity of the object, adapt technological and operational management processes in accordance with modern telecommunications technologies.

## Countering information security threats associated with the use of steganography tools

**VALENTINA G. SIDORENKO**, RUT (MIIT), Department of Information Management and Protection, Doctor of Technical Sciences, Professor, Moscow, Russia, valenfaik@mail.ru, SPIN-код: 1071-6147

**YAROSLAV L. GRACHEV**, RUT (MIIT), Department of Information Management and Protection, graduate student, Moscow, Russia, yaroslav446@mail.ru

**Keywords:** steganography, steganalysis, cyberattacks, stego-detector, software, images

**Abstract.** With the increasing degree of informatization of the transport industry, in particular, the railway infrastructure, the number of potential threats to information security increases, which must be taken into account when building information protection systems in the relevant ecosystems. One of the urgent problems is to counteract malicious steganographic embedding used to deliver malicious code inside the attacked system. The article discusses examples of such attacks and proposes a way to counteract them using stego-analysis tools. An example of practical development of a stego-analytic detector capable of solving the problem of steganography detection on the perimeter of an information system as part of counteraction to the most popular application of steganography – hiding malicious information in the least significant bits of pixels of graphic files – is presented. The results of testing of this detector and variants of its implementation in the information system are demonstrated.

## Information system of technical vision

**ANDREY L. OKHOTNIKOV**, JSC NIIAS, Deputy Head of the Department – Head of the Strategic Development Division, Moscow, Russia, a.ohotnikov@niiias.ru

**VIKTOR Y. TSVETKOV**, JSC NIIAS, Doctor of Technical Sciences, prof., Head of the Scientific Department, Moscow, Russia, cvj7@mail.ru

**Keywords:** transport, control, unmanned control, technical vision, information systems

**Abstract.** The article examines vision information systems used in pilot and unmanned traffic. The relevance of the study lies in the development of vision systems and their integration with other systems. The application of vision systems as support systems in pilot and unmanned driving is shown. The difference in the application of vision systems in pilot and unmanned driving is shown. The application of vision systems in unmanned driving is analysed. The implementation of the vision system is considered on the example of the electric train «Lastochka» for the Moscow Central Ring. Sensors used in vision systems are analysed. The concept of vision information system is presented. Its characteristics are presented. The concept of dynamic depth of vision is presented. Limitations of application of some types of sensors in high-speed and high-speed traffic are noted.

АВТОМАТИКА  
СВЯЗЬ  
ИНФОРМАТИКА



Главный редактор:  
Филюшкина Т.А.

## Редакционная коллегия:

Аношкин В.В.,  
Безродный Б.Ф., д-р техн. наук,  
Воронин В.А., Вохмянин В.Э.,  
Долгий А.И., канд. техн. наук,  
Кайнов В.М., канд. техн. наук,  
Канаев А.К., д-р техн. наук,  
Кобзев С.А., Назимова С.А.,  
Насонов Г.Ф.,  
Никитин А.Б., д-р техн. наук,  
Орехов Э.Г., Перотина Г.А.,  
Розенберг Е.Н., д-р техн. наук,  
Розенберг И.Н., д-р техн. наук,  
Семион К.В., Сиделев П.С.,  
Слюняев А.Н., Танаев В.Ф.,  
Трясов М.С., канд. техн. наук,  
Хромушкин К.Д., канд. техн. наук,  
Чаркин Е.И.

## Редакционный совет:

Балакирев В.В., Бубнов В.Ю.,  
Гершвальд А.С., д-р техн. наук,  
Гоман Е.А.,  
Горбунов А.Е., канд. техн. наук,  
Горелик А.В., д-р техн. наук,  
Ефанов Д.В., д-р техн. наук,  
Журавлёва Л.М., д-р техн. наук,  
Лисин С.Ю., Петренко Ф.В.,  
Петров А.И.,  
Поменков Д.М., канд. техн. наук,  
Сансымбаев М.А., Сергеев Н.А.,  
Солдатенков Е.Г.,  
Талалаев В.И., канд. техн. наук,  
Ушакова А.С., Черномазов А.В.,  
Шабельников А.Н., д-р техн. наук,  
Шаманов В.И., д-р техн. наук,  
Шубинский И.Б., д-р техн. наук

## Адрес редакции:

129272, Москва,  
Рижская пл., д. 3

E-mail: asi-rzd@mail.ru  
www.asi-journal-rzd.ru

Телефоны: +7 (499) 262-77-50;  
+7 (499) 262-77-58;  
+7 (499) 262-16-44;  
+7 (985) 774-07-31.

Компьютерная верстка Е.И. Блиндер

Подписано в печать 28.12.2024  
Формат 60x88 1/8.  
Усл. печ. л. 6,84. Усл. кр.-отт. 8,00  
Уч.-изд. л. 10,1

Зак. 24227  
Тираж 535 экз.

Отпечатано в типографии ЗАО «Алгоритм+»  
420044, г. Казань, пр. Ямашева, д. 36



# ИТОГИ ГОДА В ОАО «РЖД»

■ Закончился 2024 год, а значит, самое время подводить итоги. Для ОАО «РЖД» год выдался насыщенным различными мероприятиями и достижениями. Обозначим основные из них.

**50 лет БАМу.** В июле на БАМе прошли масштабные торжественные мероприятия, посвященные 50-летию магистрали. Здесь встретились ветераны-строители из разных уголков страны, нынешние работники БАМа и молодежь. В Тынде открыли памятник строителям магистрали высотой 10 м. На огромном барельефе можно увидеть основные моменты жизни БАМовцев – отправление поезда с комсомольцами на стройку, укладка рельсов, пуск первых пассажирских поездов, заготовка леса и даже песни под гитару.



Кроме того, в течение года по всей России в честь юбилея БАМа открывались различные экспозиции, а железнодорожники устраивали тематические акции.

**Дальневосточные железнодорожники уложили рекорд** – 8,1 км пути на перегоне БАМа за сутки. Рекорд зафиксирован на перегоне Тында – Побожий (Амурская область). Предыдущий рекорд состоялся во время всесоюзного строительства первой ветки БАМа, когда строителям удалось за аналогичный период времени уложить 5,4 км путей. Финальное скрепление пути было сделано ключом, который использовался при укладке последнего звена восточного участка Байкало-Амурской магистрали на разъезде Мирошниченко в 1984 г.

**Первая беспилотная «Ласточка».** Впервые в истории отечественного железнодорожного транспорта ОАО «РЖД» запустило электропоезд в автоматическом режиме по Московскому центральному кольцу. Автоматика полностью берет на себя ведение поезда, с помощью нейронных сетей самостоятельно оценивает ситуацию, принимает решения и выполняет необходимые действия.

Машинист находится в кабине только для контроля, открытия и закрытия дверей во время посадки и высадки пассажиров. В любой момент он может взять управление в свои руки. Таким образом, обеспечивается двойной контроль безопасности. По международной классификации это третий из четырех возможных уровней автоматизации.

**ОАО «РЖД» выступит генеральным подрядчиком строительства ВСМ Москва – Санкт-Петербург.** Строительство основного участка магистрали начнется после утверждения проектной документации. Приступить к его строительству планируется в середине 2025 г.

**На всей сети российских железных дорог впервые введен в действие новый график движения пассажирских поездов сразу на три года.** Всего до декабря 2027 г. запланировано курсирование 627 пар поездов дальнего следования (со-

ставы «туда» и «обратно»), что на 13 пар больше, чем в предыдущем графике. С 405 до 410 пар выросло количество скорых, скоростных и высокоскоростных поездов, что составляет почти 2/3 от общего числа пассажирских поездов.

**Возвращение «Авроры».** На маршрут Москвы – Санкт-Петербург спустя 14 лет вернулся обновленный двухэтажный поезд «Аврора». Его время в пути составляет около 5,5 ч. Запуск поезда – необходимое решение в условиях увеличения пассажиропотока, позволяющее еще более нарастить перевозки между двумя столицами.

**Установлен 15-летний рекорд по перевозкам пассажиров.** За 2024 г. ОАО «РЖД» перевезло более 1,2 млрд человек.



**Новый медицинский поезд.** Уникальный передвижной клинико-диагностический центр «Святой Пантелеймон» отправился в путь. Его основная задача – оказание профессиональной помощи жителям труднодоступных регионов России. Маршрут следования поезда проходит по восьми субъектам страны. Это республики Бурятия и Саха (Якутия), Забайкальский, Приморский и Хабаровский края, Амурская, Иркутская и Еврейская автономные области.

**«Лист ожидания».** На сайте и в веб-приложении ОАО «РЖД» реализован функционал сервиса по формированию листа ожидания билетов на места в поездах дальнего следования. Новый онлайн-сервис предоставляет возможность пассажиру купить билет на поезд, места в котором уже распроданы, если кто-то отказался от поездки или перевозчик пополнил состав дополнительными вагонами. Новым сервисом уже воспользовались более 300 тыс. человек.

**Железнодорожные билеты теперь можно будет приобрести на Wildberries.** ОАО «РЖД» подписало соглашение о сотрудничестве с одним из самых известных маркетплейсов России. Также планируется совместно популяризировать различные туристические продукты компании и другие небилетные железнодорожные сервисы (например, круизные поезда, сервис для бронирования отелей и экскурсий travel.rzd и др.).

**«Умная» оплата проезда.** Испытание новой технологии оплаты проезда по геолокации запущено на линии между центральным железнодорожным вокзалом и аэропортом Казани. «Умная» оплата реализуется при помощи мобильного приложения «ПроТранспорт+», которое по Bluetooth-меткам на станциях определяет местоположение пассажира и в конце поездки рассчитывает итоговую стоимость.

**Первая игровая станция.** Впервые на железнодорожном вокзале заработал круглосуточный консольный клуб для любителей компьютерных игр. Такое место появилось на Павелецком вокзале в Москве.

НАУМОВА Д.В.



# ЖУРНАЛ «АСИ» приглашает к сотрудничеству!

Почта Росс  
П5063  
П5074

## УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

Журнал «Автоматика, связь, информатика» более 100 лет является единственным источником полезной информации в области железнодорожной автоматики, телемеханики, связи, вычислительной техники, информатизации транспорта.

**!!! До 25 числа каждого месяца  
вы можете подписаться онлайн  
на бумажную версию журнала !!!**

**Почта России предлагает  
доставку нашего журнала  
по выгодным ценам**



Свидетельством его высокого научно-технического уровня является то, что он входит в перечень ведущих периодических изданий, публикация в которых учитывается при защите докторской и кандидатской диссертаций Высшей аттестационной комиссией (ВАК) Министерства образования и науки РФ, а также в базу данных «Russian Science Citation Index» (RSCI), доступ к которой осуществляется через платформу Web of Science.

**Адрес редакции:**  
129272, Москва,  
Рижская пл., д. 3

**Телефоны:**  
+7 (499) 262-77-50  
+7 (499) 262-77-58  
+7 (495) 262-16-44



Для оформления онлайн-подписки достаточно перейти по ссылке <https://podpiska.pochta.ru/press/П5063>, заполнить заявку на получение журнала на домашний адрес, до востребования или через почтовый ящик и оплатить ее

Оформить онлайн-подписку также можно через наш сайт [www.asi-journal-rzd.ru](http://www.asi-journal-rzd.ru) в разделе «Подписка»



Электронную версию отдельных статей журнала можно приобрести на сайте Научной электронной библиотеки [http://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=7655](http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7655)

Оформить подписку на электронную версию журнала можно на сайте ООО «Агентство «Книга-Сервис» [http://akc.ru/itm/avtomatika-svy\\_az-informatika/](http://akc.ru/itm/avtomatika-svy_az-informatika/)

