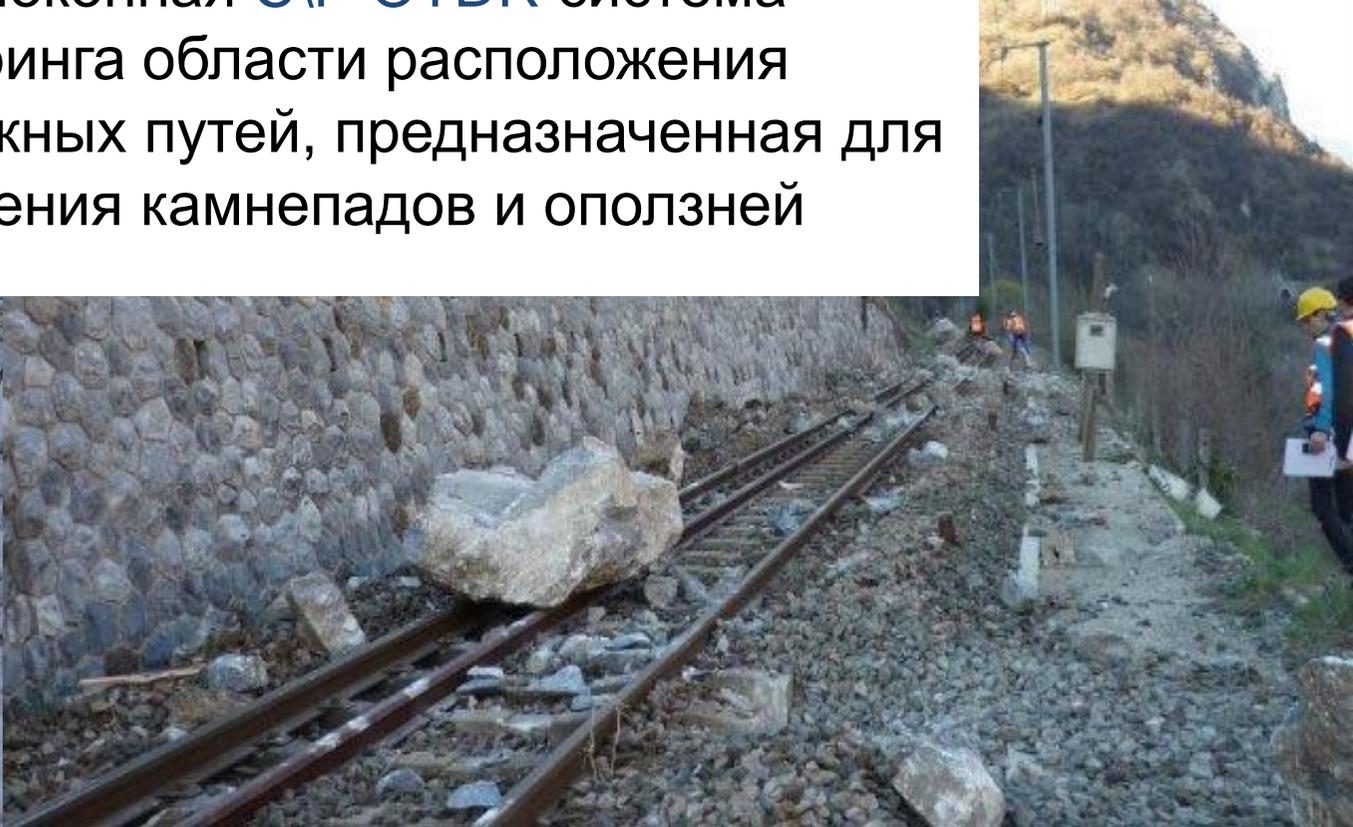
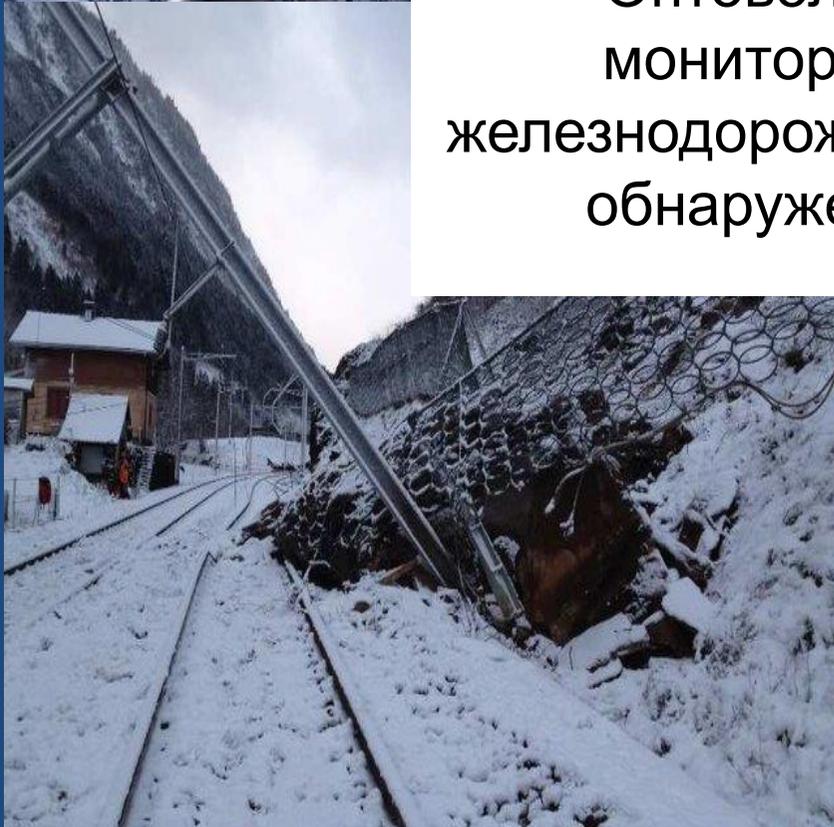


ФЛАГМАН ГЕО

2018-8-21 11:42

Оптоволоконная **C\F-OTDR** система мониторинга области расположения железнодорожных путей, предназначенная для обнаружения камнепадов и оползней



Проблема и решение

Камнепады и оползни представляют собой существенную угрозу безопасности и создают значительные проблемы для железных дорог, включая риск схода с рельсов и задержек в работе. Существующие меры по смягчению последствий, такие как противооползневые ограждения, имеют множество эксплуатационных ограничений. В частности, системы данного типа склонны к пропуску событий и ложным срабатываниям. Кроме того, противооползневые ограждения и подобные им системы, требуют значительных накладных расходов как на стадии их инсталляции, так и в процессе эксплуатации, в связи с необходимостью ремонта, технического обслуживания и капитального ремонта.

Решение компании «Флагман Гео», предназначенное для обнаружения обвалов и оползней преобразует стандартный одномодовый телекоммуникационный волоконно-оптический кабель в массив распределенных сейсмоакустических сенсоров, способных обнаруживать обвалы и значительные движения грунта. Благодаря этому операторы железных дорог могут повысить безопасность и эффективность своих бизнес-процессов за счет быстрого принятия обоснованных решений, сократив при этом высокие накладные расходы, связанные с существующими системами и мерами по смягчению последствий.

Решение «Флагман Гео» для обнаружения обвалов и оползней:

- Позволяет надежно обнаружить камнепады, оползни и подвижки грунта, которые могут привести к сходам с рельсов и сбоям в работе. Пространственная точность определения точечного события: 10 м.
- Легко интегрируется с существующими информационными системами.
- Постоянно повышает надежность функционирования за счет извлечения дополнительной информации из массива наблюдаемых данных.
- Не требует практически никакого рутинного или периодического технического обслуживания на железнодорожных путях.

Сейсмоакустический мониторинг области расположения балластной призмы ж/д путей с использованием S\F-OTDR системы

Наше решение для обнаружения камнепадов и оползней обеспечивает высокую эксплуатационную надежность по сравнению с существующими мерами и подходами.

Типичные проблемы, связанные с существующими решениями по обнаружению и предотвращению, такими как противооползневые заграждения, включают в себя:

- Пропущенные целевые события (прекурсоры начала камнепада или лавины, или сами эти события)
- Ложные срабатывания, вызванные мелкими камнями или проникновением животных
- Длительные задержки поездов, вызванные сигналами тревоги, которые требуют ручного вмешательства на месте для их устранения
- Планирование и эксплуатационное воздействие периодического или послеаварийного технического обслуживания
- Риск для сотрудников, занятых в работах по восстановлению, техническому обслуживанию и капитальному ремонту на объекте
- Капитальный ремонт

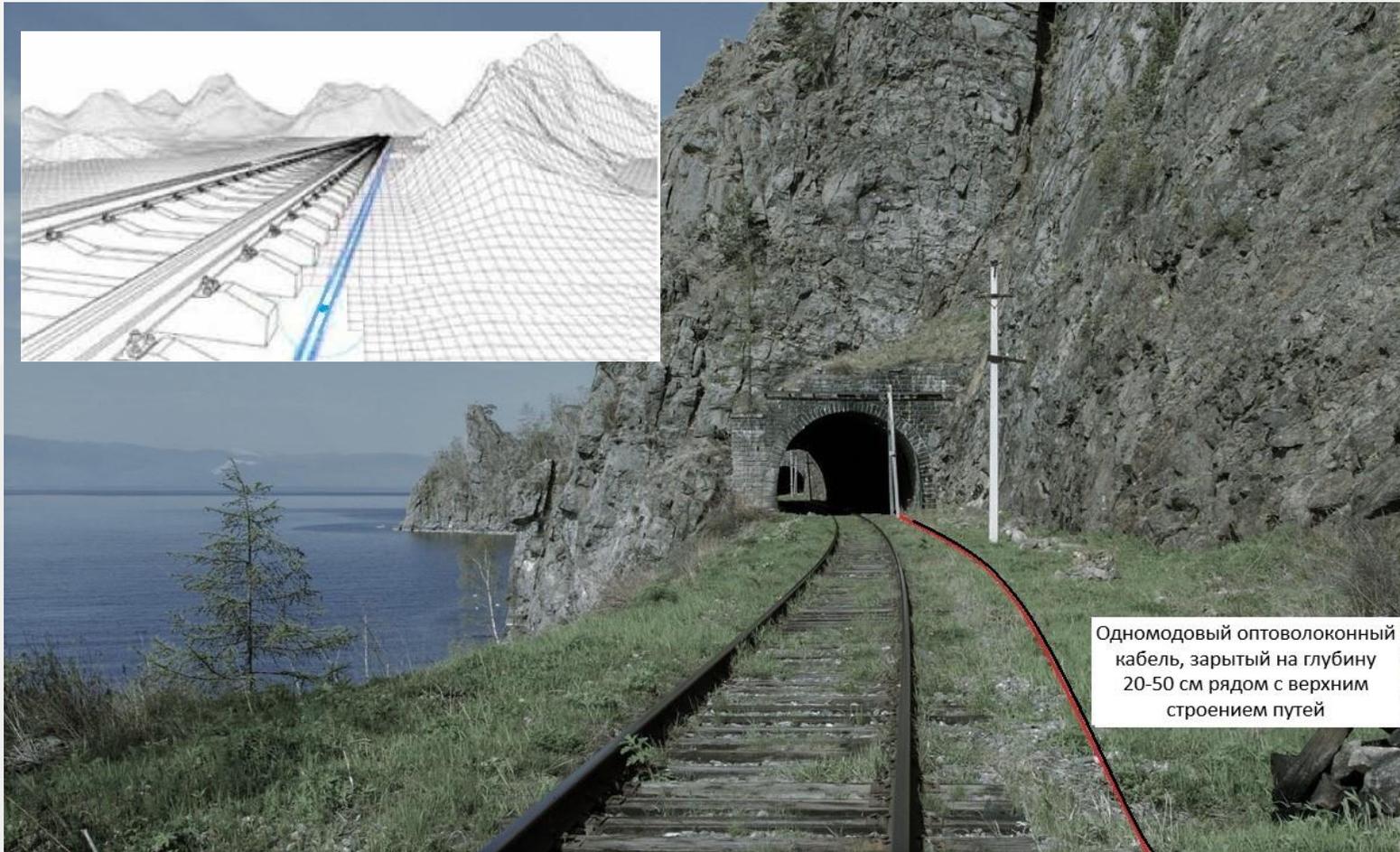
Все эти проблемы значительно снижаются или устраняются при использовании решения, разработанного компанией «Флагман Гео», предназначенного для обнаружения камнепадов и оползней.

Система мониторинга может быть настроена на обнаружение и классификацию целевых событий с высокой степенью надежности. При этом минимизируются до приемлемого уровня события «ложная тревога». Предлагаемое решение может быть быстро внедрено и интегрировано в существующие системы обеспечения безопасности дорожного движения.

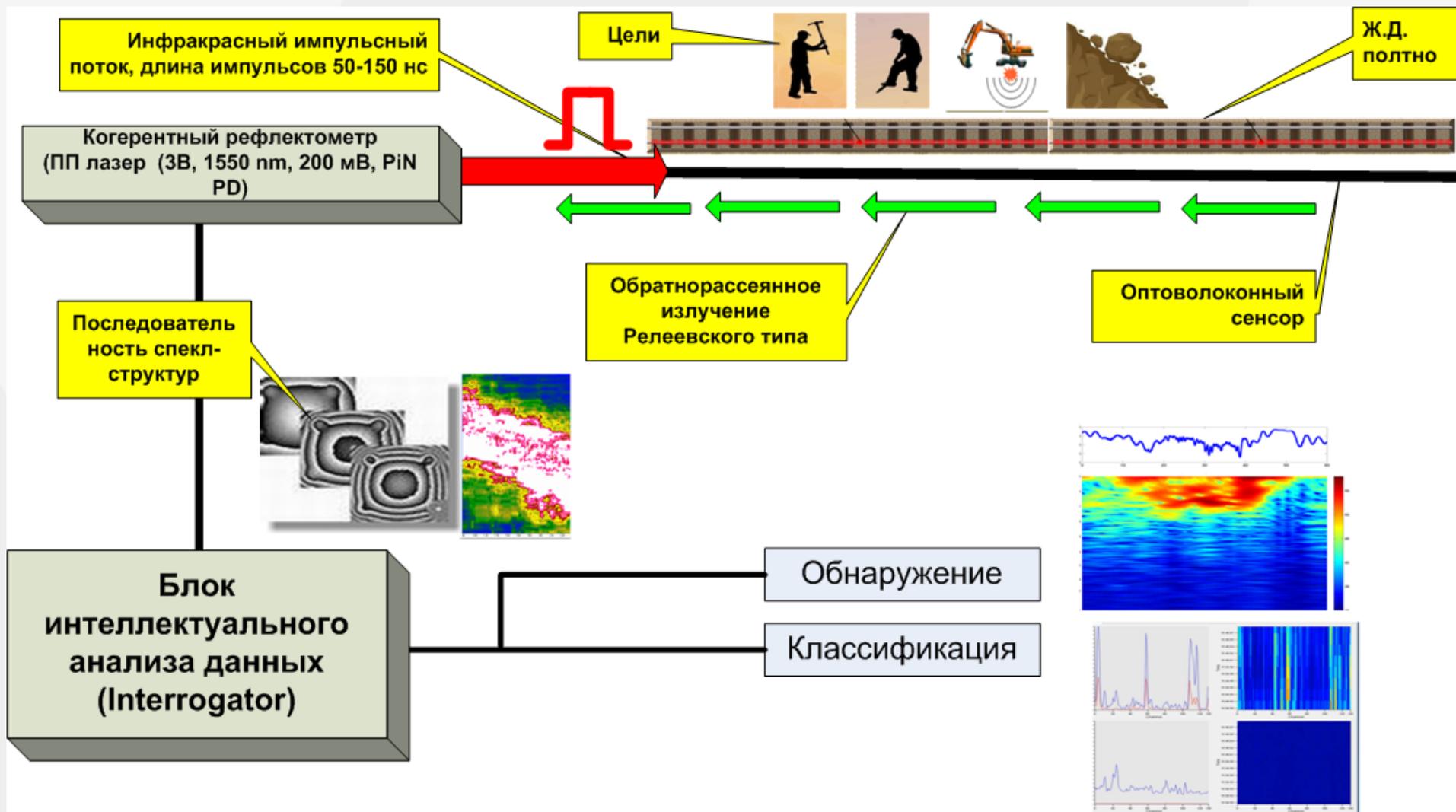
Решение «Флагман Гео» практически не нуждается в обслуживании и поэтому относится к классу малообслуживаемых систем мониторинга.

Сейсмоакустический мониторинг области расположения балластной призмы ж/д путей с использованием S\F-OTDR системы

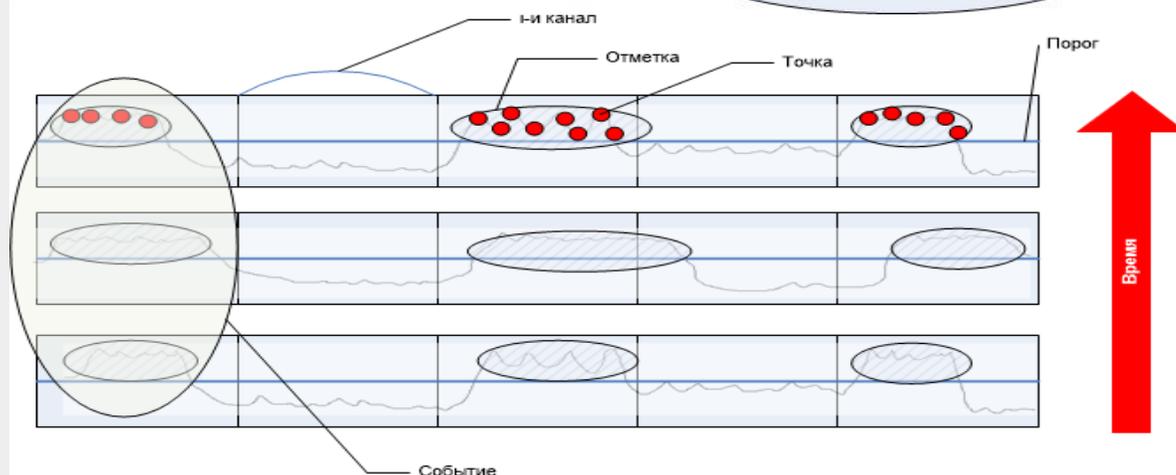
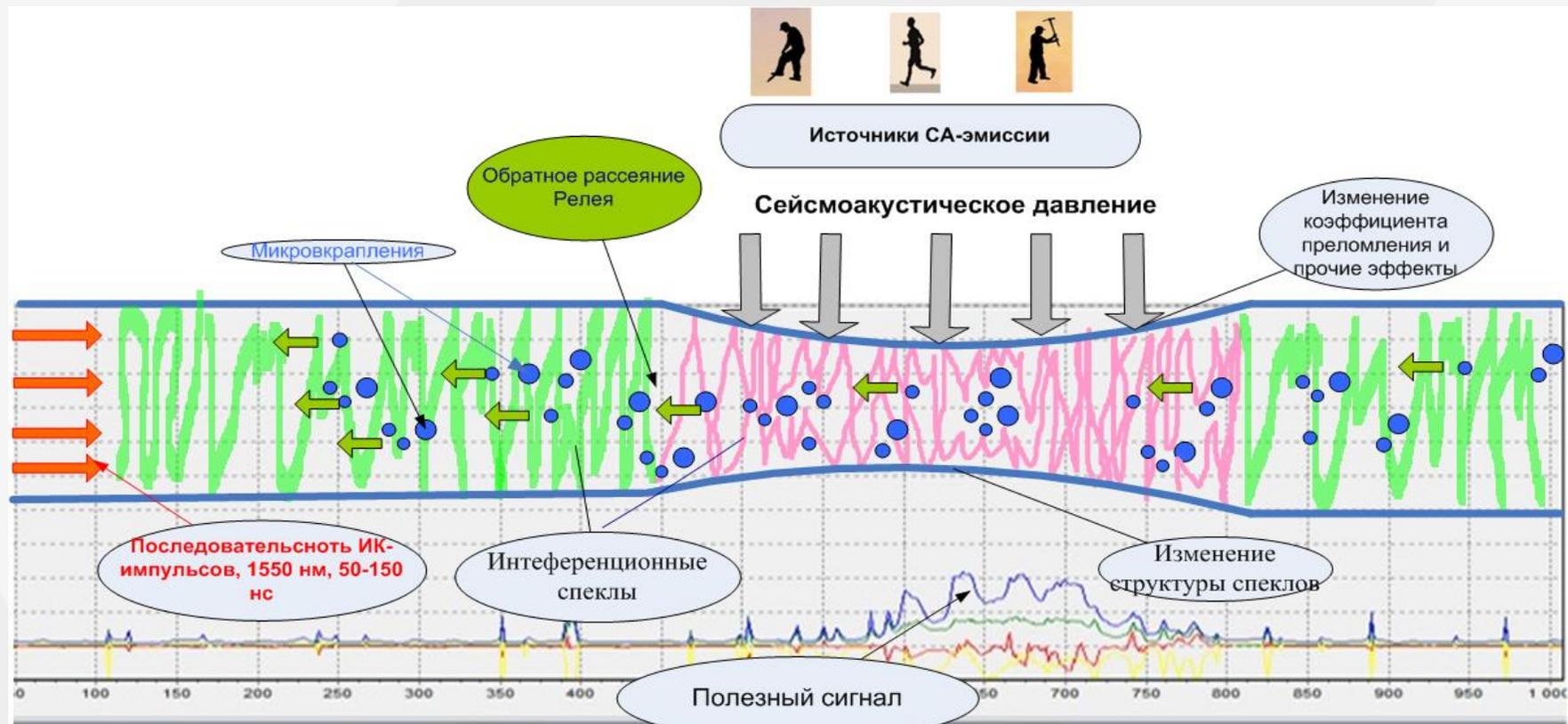
Когда волоконно-оптический кабель располагается рядом с рельсовым путем, предлагаемая система мониторинга способна надежно обнаруживать падающие и катящиеся камни, наряду с оползнями и другими значительными подвижками грунта, с точностью определения местоположения этого целевого события **до 10 метров**.



Упрощенная схема принципа работы C\F-OTDR системы



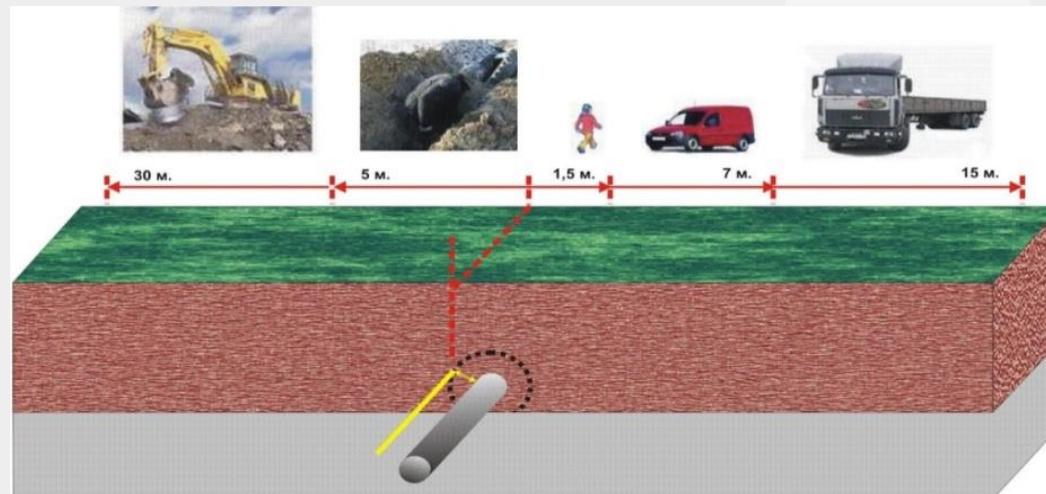
Физические основы принципа действия C/F-OTDR системы



Полоса пропускания :
0-500 Гц

Некоторые технические характеристики S\F-OTDR системы

Сенсор (волоконный кабель, SMF28) помещается на глубину (30-50 см) в грунт или устанавливается непосредственно на исследуемый объект с целью обнаружения и локализации источников сейсмоакустической эмиссии.



Возможные источники СА-эмиссии

Макс. расстояние до сенсора*

Камнепад, оползни	До 300 м
Человек	5-10 м
Движущийся легковой автомобиль	10-50 м
Движущийся грузовой автомобиль	15-50 м
Движущаяся тяжелая гусеничная техника	50-300 м
Любые виды наземных и подземных строительных и земляных работ	100-200 м
Поезд	200-500 м

* Расстояние от сенсора до возможного источника СА-эмиссии, на котором возникшее событие будет гарантировано распознано системой

Состав C\F-OTDR системы

Система мониторинга области пролегания балластной призмы ж/д путей состоит из четырех компонентов:

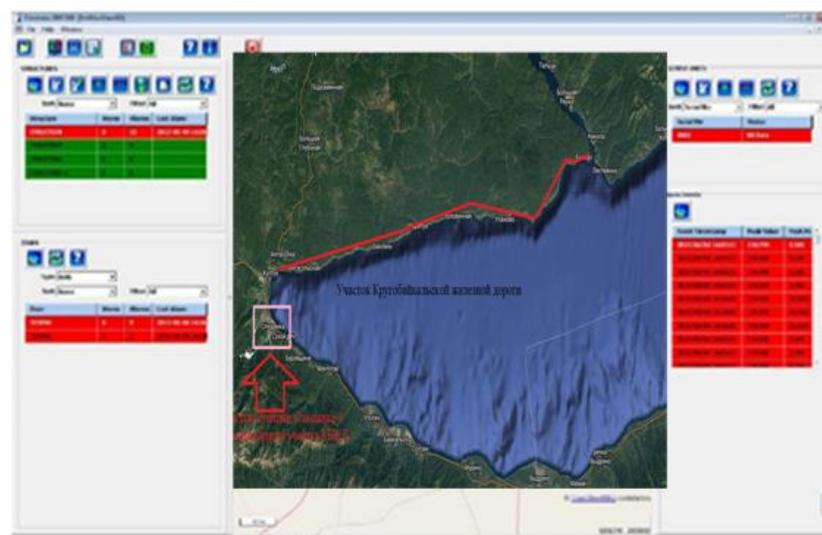
1. Интеррогатор DAS (C\F-OTDR). Назначение: реализация технологии DAS.
2. Одномодовое оптическое волокно (сенсор) SMF-28. Назначение: оптоволоконный сенсор DAS.
3. Сервер. Назначение: платформа для размещения ПО.
4. Подсистема передачи данных по одномодовому оптическому волокну (ППДВ). Функция: связь с ЦУ.

ПО системы:

- Система управления интеррогатором, включая подсистемы обнаружения и классификации целевых событий, интерфейса оператора и ГИС.
- Конфигурирование (вт. ч. удаленное) режимов настройки интеррогатора.
- ПО подсистемы ППДВ.



Система конфигурирования и управления



ГИС система

Подсистема передачи данных по одномодовому оптическому волокну (ППДВ)

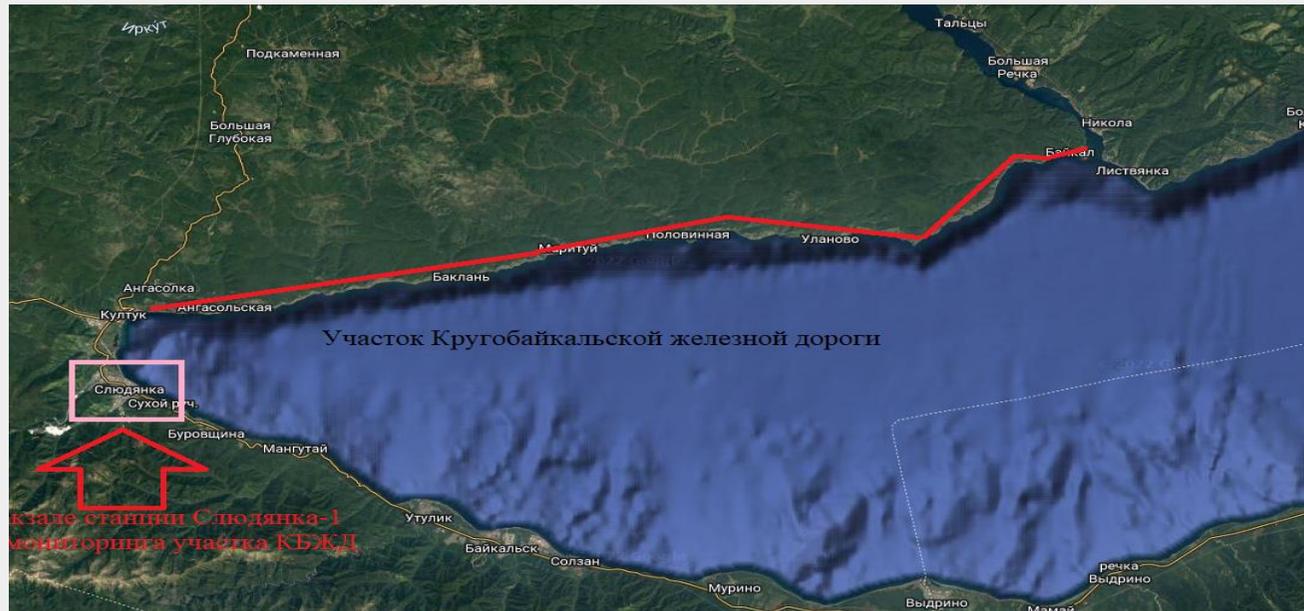
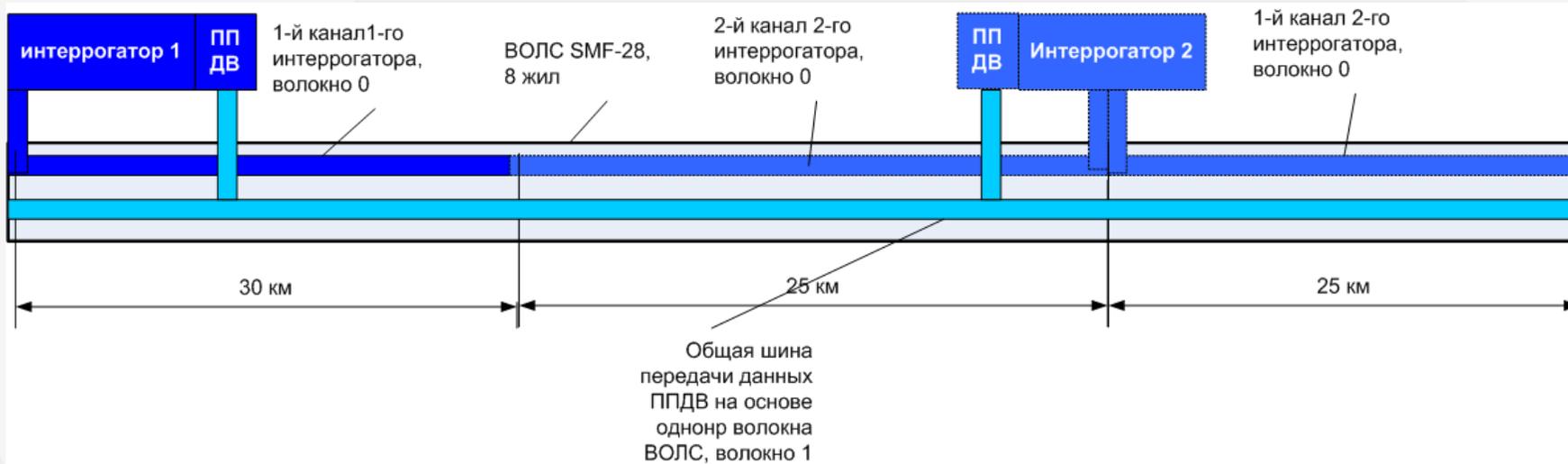
Данная система построена с использованием маршрутизаторов с SFP модулем. Модули SFP (оптоволоконный трансивер) используются для присоединения платы сетевого устройства (коммутатора, маршрутизатора или подобного устройства) к оптическому волокну, выступающему в роли сетевого кабеля. Для передачи данных SFP модуль, в зависимости от типа, использует одно или два оптических волокна. Скорость передачи – до 1 Гбит/с. Дальность передачи данных – до 120 км. Оптические модули SFP+ предназначены для передачи и приёма оптических сигналов со скоростью передачи данных от 1.25 Гбит/с до 11.3Гбит/с. Дальность передачи данных – до 80 км.

Протокол передачи данных – любой, используемый в сети (TCP/IP , UDP и т.п.)



Варианты инсталляции системы на примере участка Кругобайкальской ЖД

Вариант 1 (Рекомендуемый)

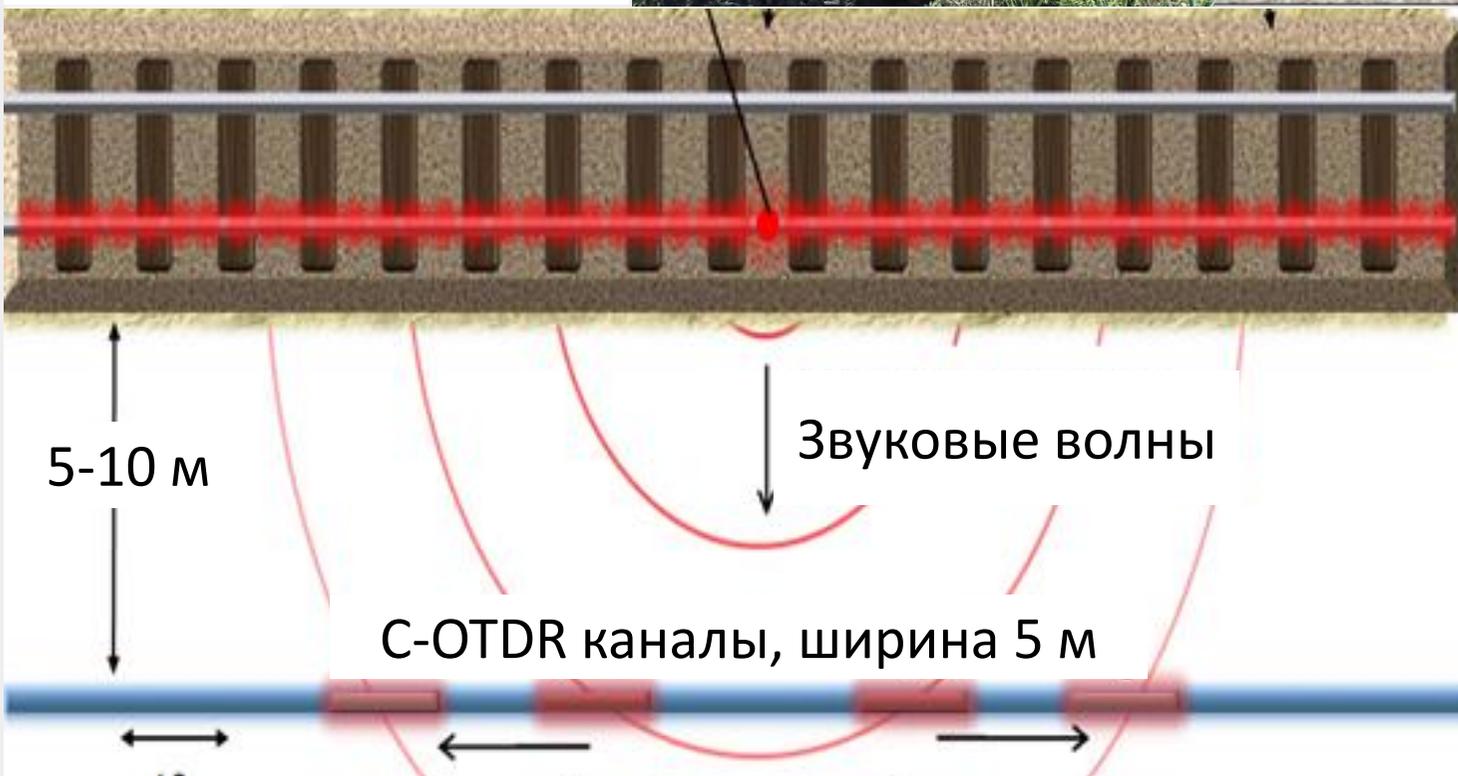
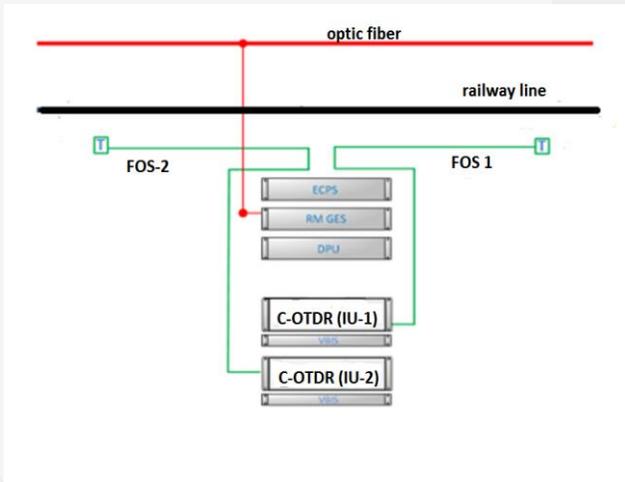


Сейсмоакустический мониторинг области расположения балластной призмы ж/д путей с использованием C\F-OTDR системы

Оptionальные функции оптоволоконной системы мониторинга

- Оперативный контроль местоположения поездного состава (разрешение 5-50 м, в зависимости от скорости состава)
- Контроль проведения технологических работ на ж/д путях (место, время, состав и проч.)
- Обнаружение пешеходов и скота на ж/д путях
- Контроль целостности поездного состава (длина, число вагонов, число осей)
- Оценивание загрузки товарных составов и степень их разбалансированности
- Контроль скоростного режима поездного состава
- Распознавание типа поездного состава
- Оценивание состояния колесных пар
- Обнаружение факта волочения длинномерного груза по балластной призме
- Обнаружение факта аномального поведения колесной пары, которое произошло вследствие разрушения буксового узла

Пример инсталляции оптоволоконного сенсора, Астана, 297 км. Октябрь 2014.



Объект: Балластная призма железнодорожных путей

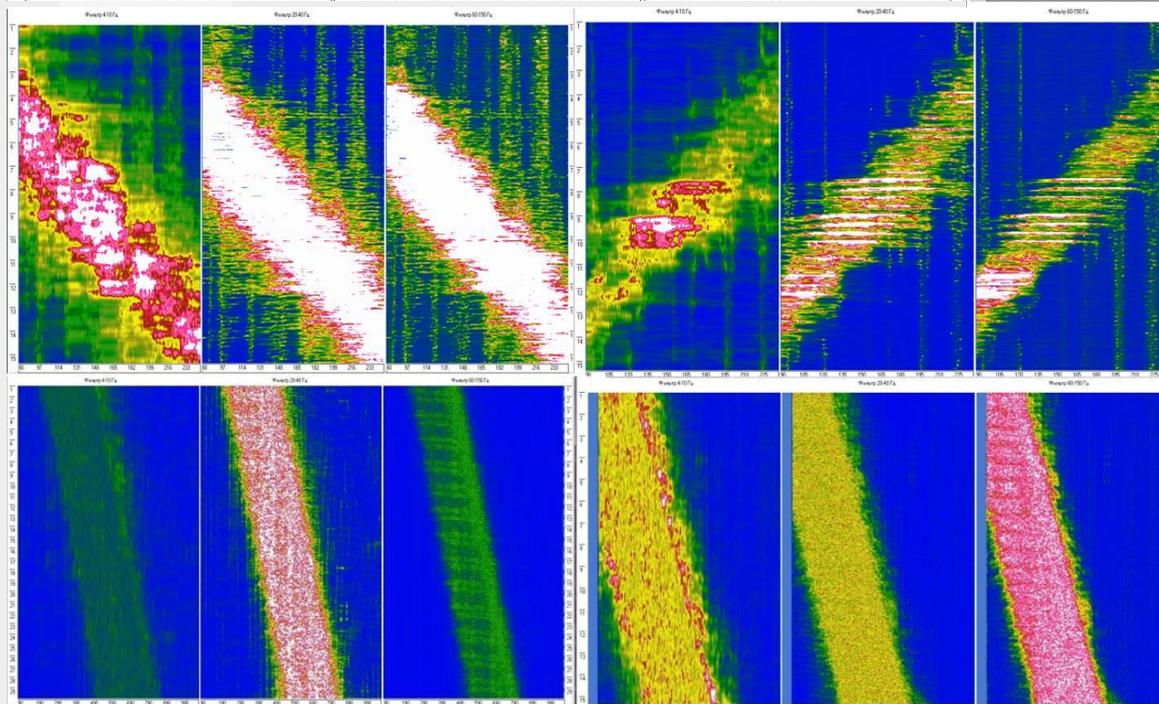
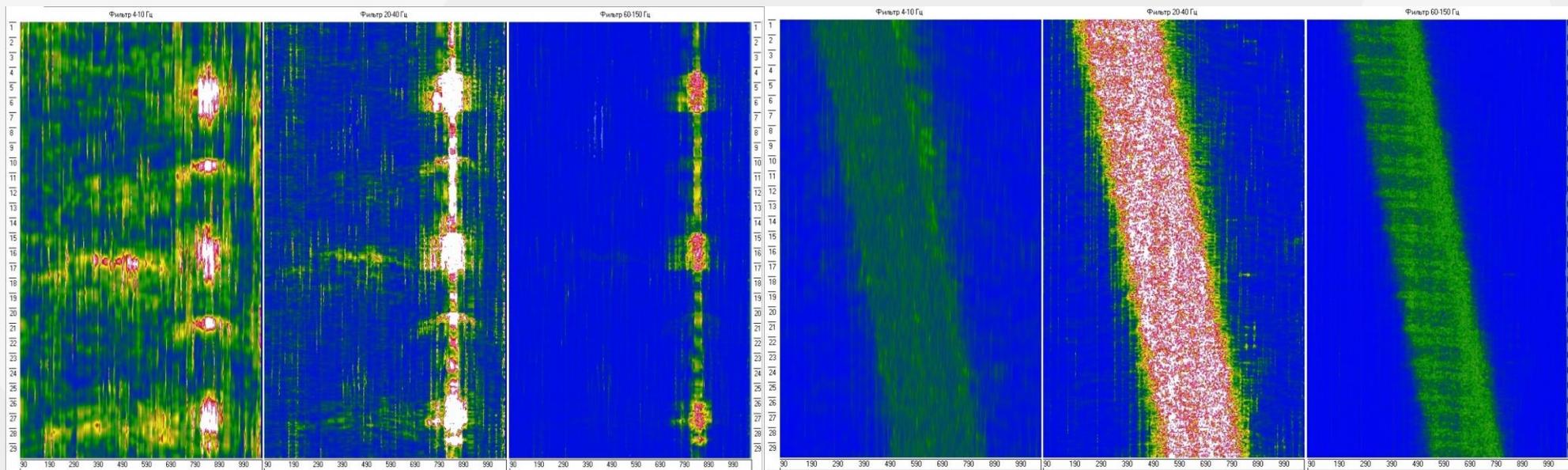


Испытания системы на ж/д полигоне (Астана, 297 км): 2014-18гг

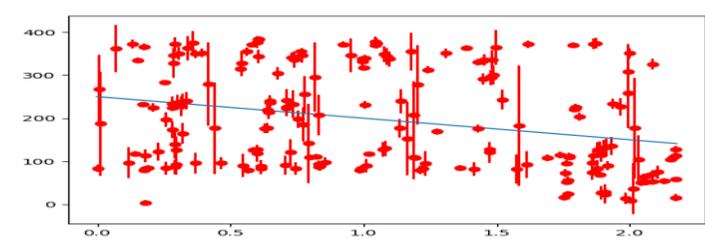
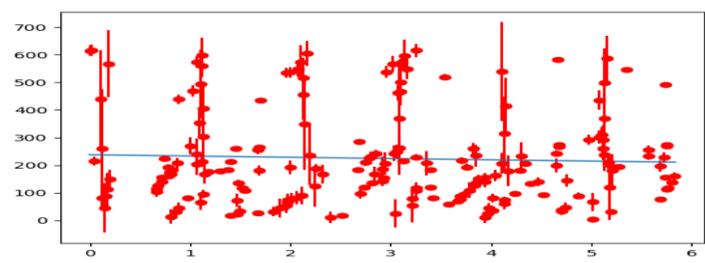
Основные источники сейсмоакустических сигналов регистрируемых системой в момент проведения испытаний:

- пешеходы
- поездные составы четного и нечетного направления головных и вспомогательных путей
- путевые работы
- работа портального крана для разгрузки/погрузки контейнеров,
- автотранспорт, движущийся с обеих сторон железной дороги.

Сигналы от поездов и их представления в параметрическом пространстве

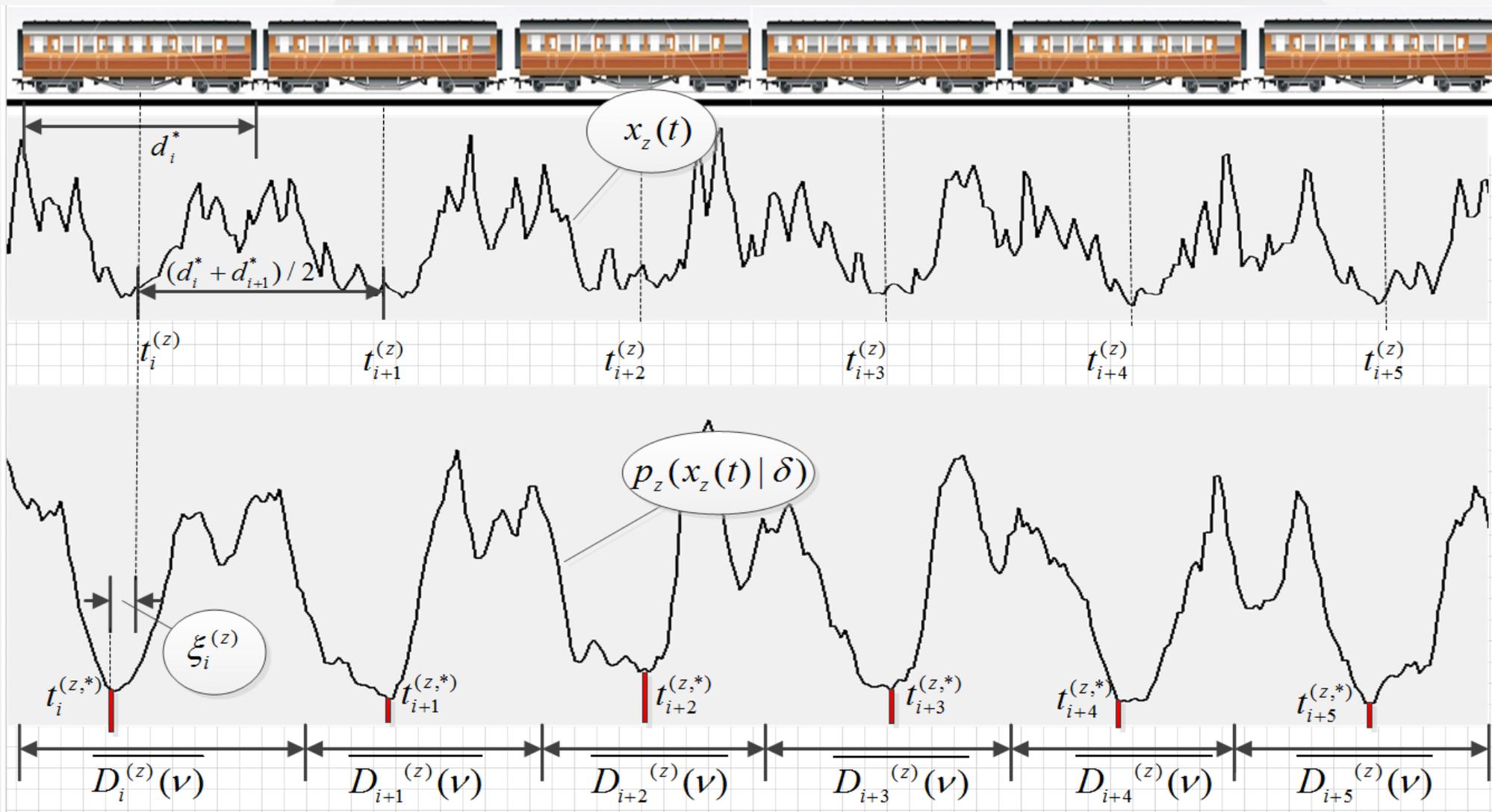


Промежуточное параметрическое представление: потоки отметок



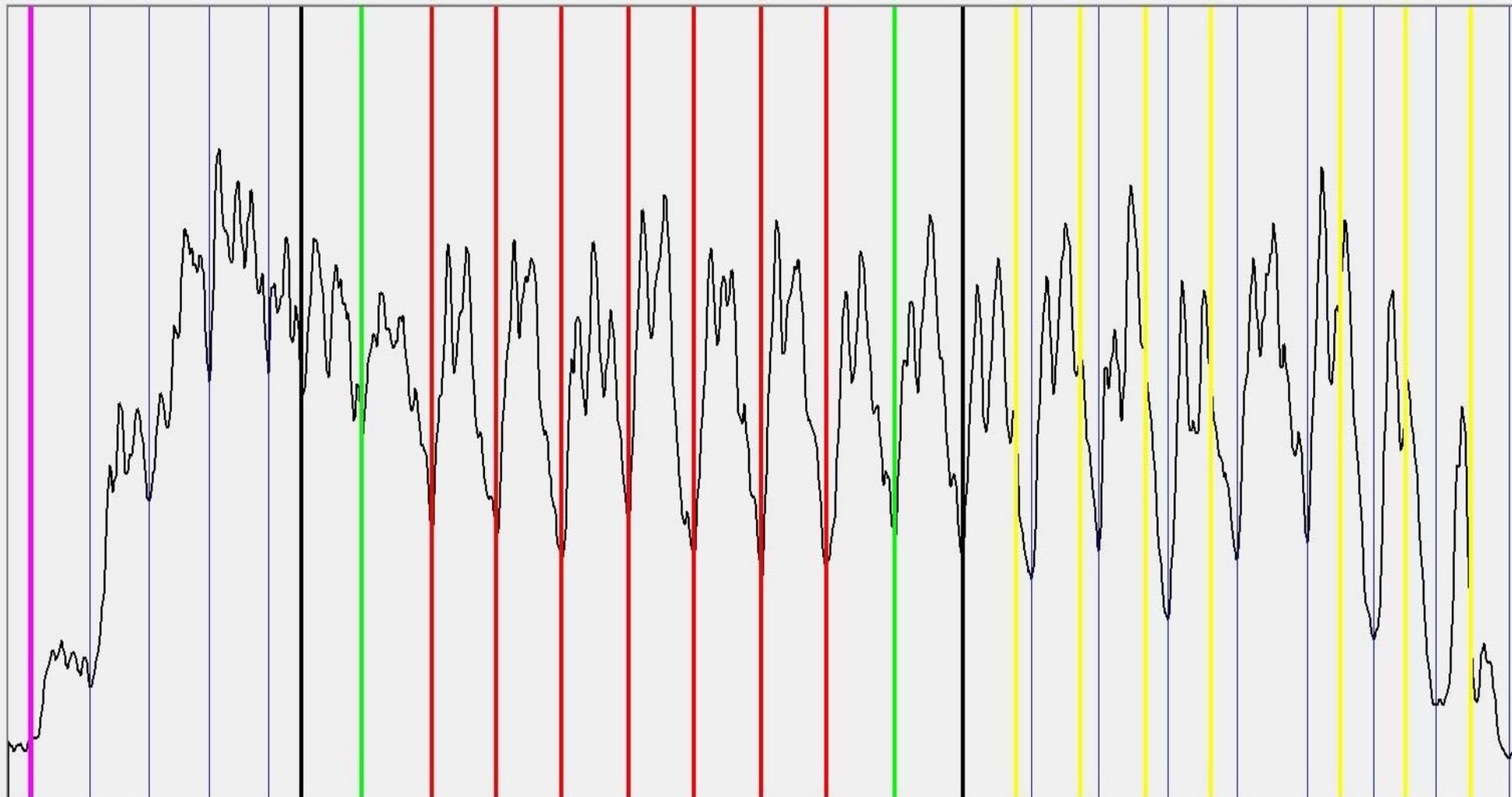
Счет платформ (вагонов) при помощи C/F-OTDR системы

Количество вагонов считается со 100% достоверностью. Метод ударно-сглаженной фильтрации.



Счет вагонов при помощи S\F-OTDR системы

Сглаженная динамико-ударная диаграмма пассажирского поезда: **паузы между платформами отчетливо выделяются**

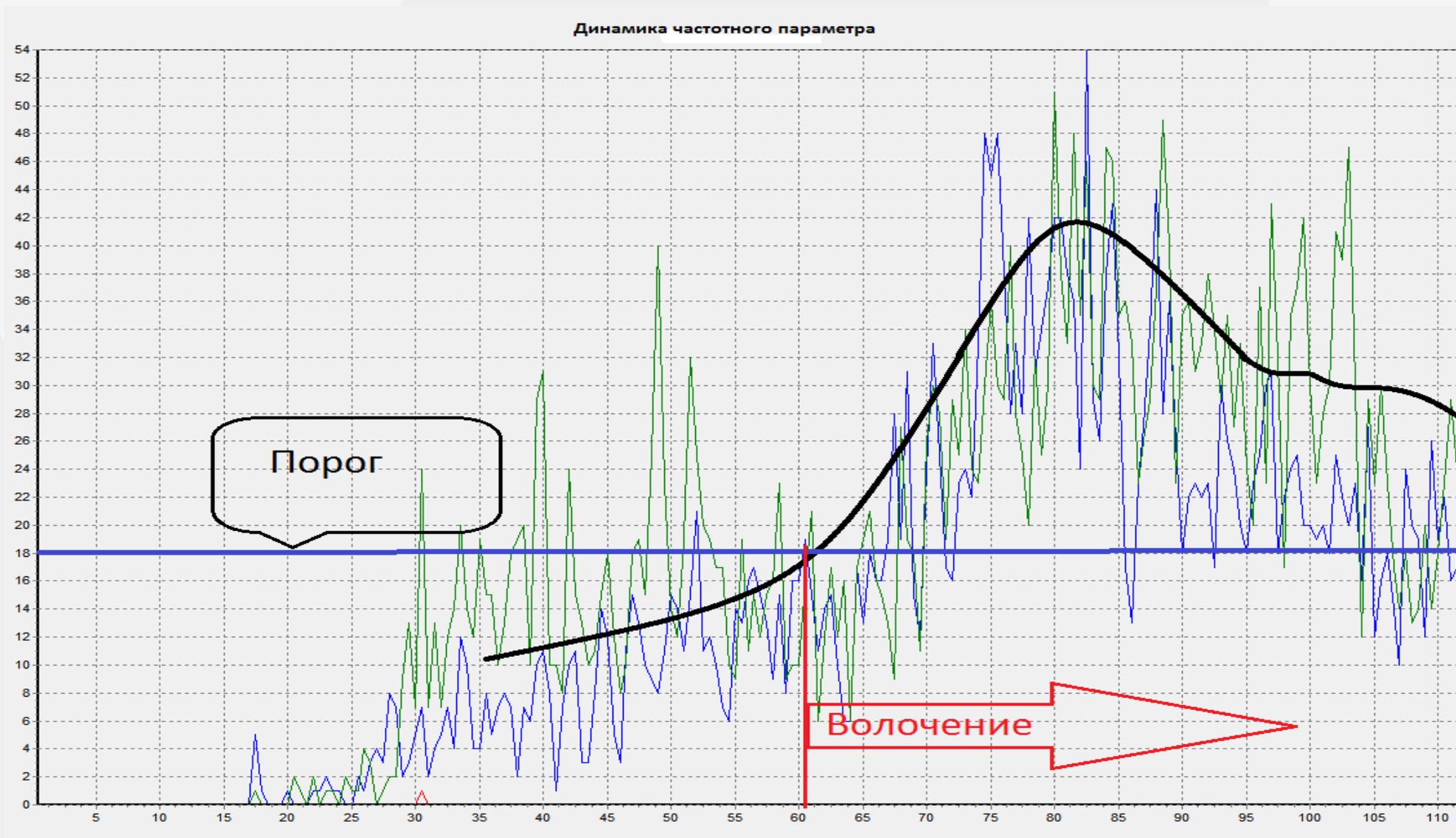


Обнаружение события «волочение длинномера» при помощи C\F-OTDR системы

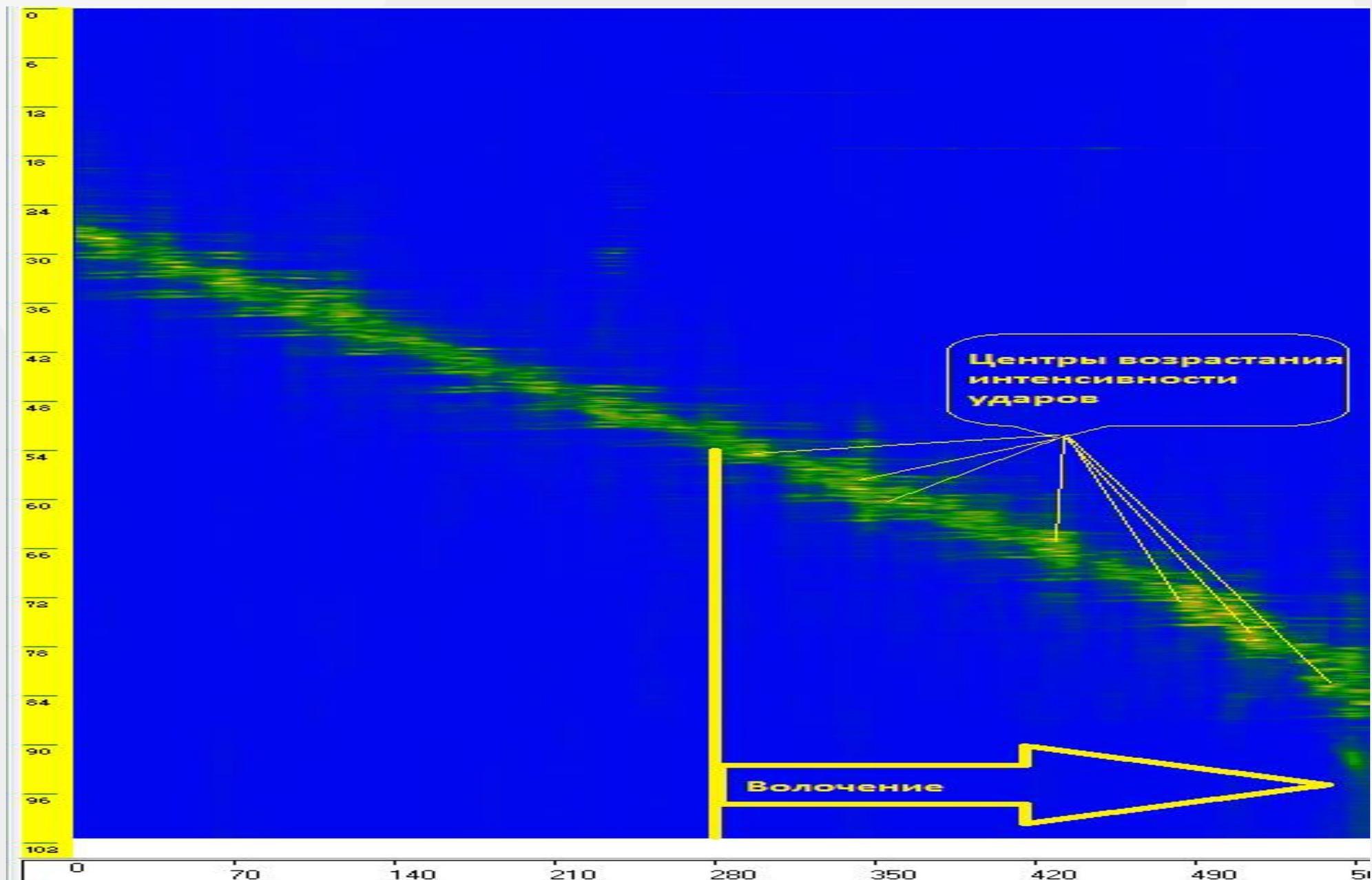
- В августе 2017-го, на опытном полигоне КТЖ были проведены инициативные исследовательские работы, призванные оценить возможность использования C\F-OTDR системы для обнаружения **факта схода или волочение деталей** подвижного состава по путям (резервирование функций УКСПС)
- Аварийное волочение компонентов ходовой части вагонов имитировалось низкоэнергетическим и совершенно безопасным для элементов верхнего строения путей способом. Для этих целей использовалось специальное приспособление, которое размещалось на мобильной платформе ДГКУ 3855.
- Испытания проводились согласно Методике сбора стат. данных и испытаний универсальной системы контроля области верхнего строения путей C\F-OTDR системой при решении задачи детекции низкоэнергетического волочения



Обнаружение события «волочение длинномера» при помощи C/F-OTDR системы



Обнаружение события «волочение длинномера» при помощи C\I-OTDR системы

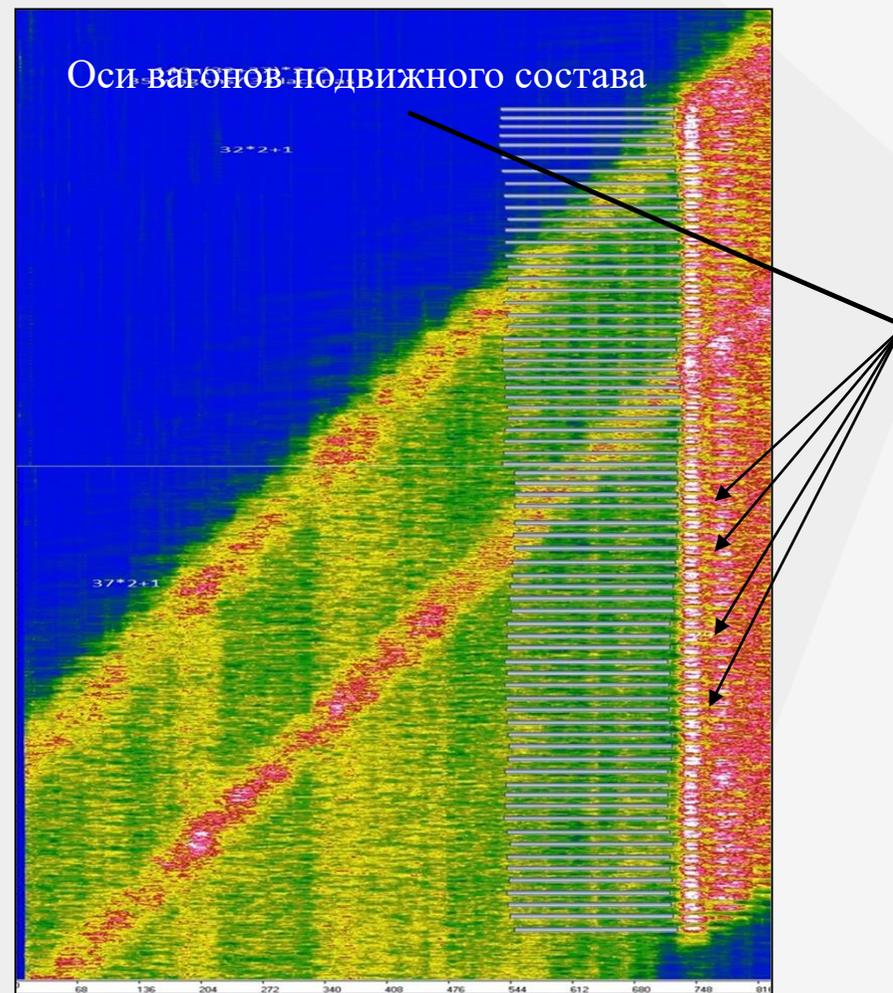
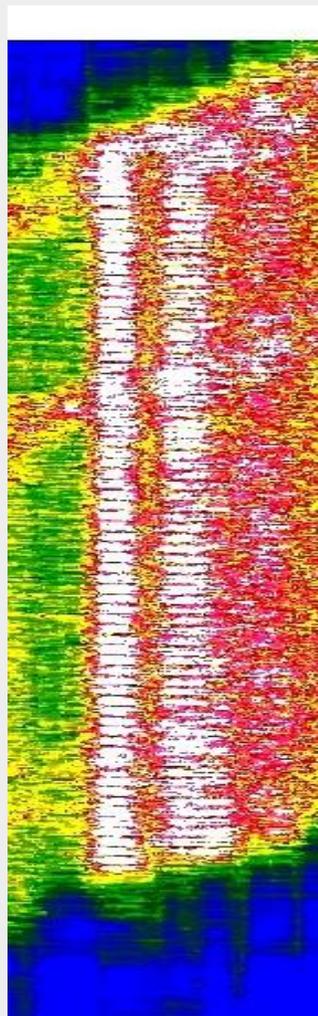


Обнаружение события «волочение длинномера» при помощи C\F-OTDR системы

- Несмотря на крайне малую энергию имитирующего волочение воздействия по сравнению с энергией движения мобильной платформы ДГКУ 3855 (разница в энергиях ~ -55 дБ!), достигнутые показатели параметра отношения сигнал-шум (SNR), определяемые по различным информационным параметрам, в том числе по ВЧ-фильтрам, НЧ-фильтрам, СЧ-фильтрам, достигает значения до **8 дБ**. Этой величины **вполне достаточно для надежного обнаружения факта имитирующего волочения**.
- Так как энергия реального аварийного волочения компонентов ходовой части вагонов будет, как минимум, на 20-30 дБ больше, надежность обнаружения реального, аварийного волочения компонентов ходовой части вагонов **будет значительно более высокой**, в сравнении с надежностью, достигнутой в настоящем эксперименте.
- По результатам проведенных экспериментов можно сделать вывод о том, что метод обнаружения аварийного волочения компонентов ходовой части вагонов, основанный на анализе данных C\F-OTDR системы, **показал свою практическую состоятельность** и может быть использован на практике
- Научно-исследовательский отчет по данным испытаниям предоставлен Главному Инженеру АО «НК «КТЖ».

Счет осей при помощи C\F-OTDR системы

В августе 2016-го, на полигоне КТЖ были проведены инициативные исследовательские работы, призванные продемонстрировать возможность использования C\F-OTDR системы для счета осей. Наблюдения велись за ударами на изостыке, который находится в 750 м от модуля КТСМ (КазТЭЦ) в сторону Астаны.

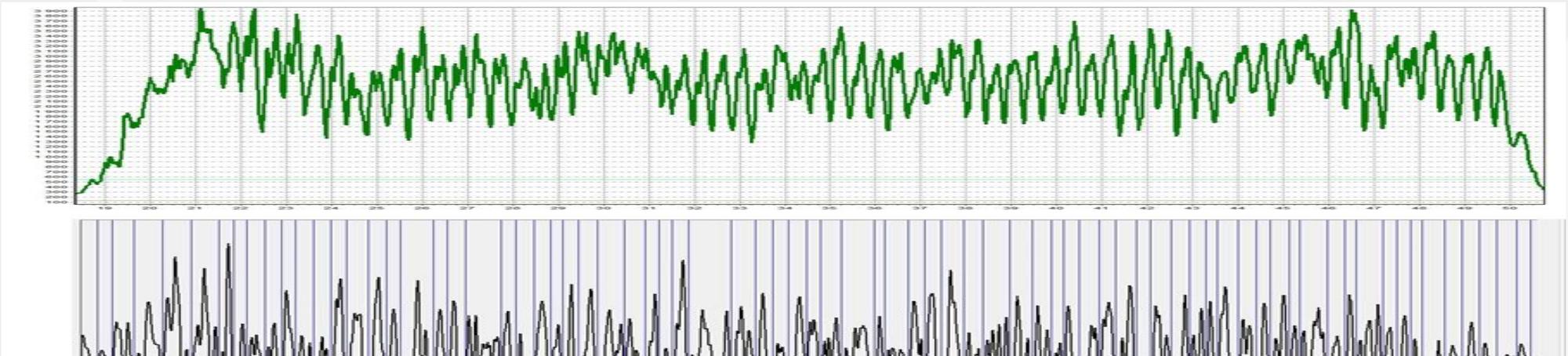


Преимущества подхода, которые являются следствием используемой алгоритмической базы

Использование **специального параметрического представления сигналов**, достигаемое за счет многоуровневой обработки данных мониторинга, позволило эффективно решить целый ряд задач, решение которых в данное время недоступно нашим конкурентам (Silixa, Optasense и Frauscher Sensortechnik).

- Достигнута надежное **распознавание типа поезда** (товарный, пассажирский, электричка, локомотив и проч.) по записи длительностью 2-5 сек. Вероятность правильной классификации: >98%. На интервалах более 5 сек: 100%.
- Надежно распознаются классы: **груженный состав/порожняк** (~100%).
- Надежно считаются (на основе скрытой марковской модели и метода Витерби) вагоны (оси): одна из основных задач мониторинга для ж/д транспорта

С-OTDR профиль подвижного состава: 32 грузовых четырехосных вагонов и 3-х четырехосных локомотивов (140 осей, 35 платформ)



ТЕМАТИЧЕСКИЕ ПУБЛИКАЦИИ

Timofeev A.V., Denisov V.M. **“Multimodal Heterogeneous Monitoring Of Super-Extended Objects: Modern View. Recent Advances in Systems Safety and Security”**, 06/2016: chapter Volume 62 of the series Studies in Systems, Decision and Control: pages 97-116; Springer International Publishing., ISBN: 978-3-319-32523-1, DOI:10.1007/978-3-319-32525-5_6

Timofeev A.V., Denisov V.M. (2020) Machine Learning Based Predictive Maintenance of Infrastructure Facilities in the Cryolithozone. In: Pricop E., Fattahi J., Dutta N. (eds) Recent Developments on Industrial Control Systems Resilience. Studies in Systems, Decision and Control, vol 255. Springer, Cham, https://doi.org/10.1007/978-3-030-31328-9_3

А.В. Тимофеев, Д.И. Грознов, **Классификация источников сейсмоакустической эмиссии в оптоволоконных системах мониторинга протяжённых объектов**// Автометрия Том. 56, №1, 2020, с. 59-73. DOI: 10.15372/AUT20200107.

The guaranteed estimation of the Lipschitz classifier accuracy: confidence set approach, published in the "Journal of the Korean Statistical Society", [Volume 41, Issue 1](#), March 2012, Pages 105–114.

Non-asymptotic sequential confidence regions with fixed sizes for the multivariate nonlinear parameters of regression, [Statistical Methodology Volume 6, Issue 5](#), September 2009, Pages 513–526;

Classification of Seismic Signals of a Poorly Studied Nature, Pattern recognition & Image Analysis, Vol.5 , No.3,1995,pp.485-491.

Timofeev A.V., Egorov D. Multichannel Classification of Target Signals by Means of an SVM Ensemble in C-OTDR Systems for Remote Monitoring of Extended Objects. MVML-2014 (The International Conference on Machine Vision and Machine Learning), Prague; 08/2014

Timofeev A.V., Comparison of various approaches to multi-channel Information fusion in c-otdr systems for remote monitoring of extended objects. Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics, 2015, no. 1, vol.15, pp. 122–129 (in English)

Timofeev A.V., New approach to information fusion for Lipschitz classifiers ensembles: Application in multi-channel C-OTDR-monitoring systems. INTERNATIONAL CONFERENCE OF NUMERICAL ANALYSIS AND APPLIED MATHEMATICS 2015 (ICNAAM 2015), Rhodes, Greece; 09/2015, (AIP Conference Proceedings 1738, 480011 (2016); <https://doi.org/10.1063/1.4952247>

Timofeev A.V., Denisov V.M. and others, "Analysis of seismoacoustic activity based on using optical fiber classifier," in Latin America Optics and Photonics Conference, OSA Technical Digest (online) (Optical Society of America, 2014), paper LM4A.22.

Timofeev A.V., Denisov V.M. , “The Rail Traffic Management with Usage of C-OTDR Monitoring Systems”. ICCAR 2015 : 17th International Conference on Control, Automation and Robotics, Zurich; 07/2015, pp 1338-1341.

Timofeev A.V., Denisov V.M. and others, Monitoring industrial facilities using principles of integration of fiber classifier and local sensor networks”, Paper 9525-162, SPIE, Munich, 2015.

Больше публикаций на сайте компании по ссылке: <https://flagman-geo.com/publications/>

Спасибо за внимание!



ФЛАГМАН ГЕО

ООО «Флагман Гео»

197022, г. Санкт-Петербург,
Набережная реки Карповки, дом 5, лит Г

Тел./факс +7 (812) 209-85-50

e-mail: mail@flagman-geo.com

web: www.flagman-geo.com

ИНН 7810832994 КПП 781301001