

# Система «Дунай»: мониторинг и охрана трубопроводного транспорта

Владимир Трещиков,  
генеральный директор ООО «Т8», к.ф.-м.н.

Константин Марченко,  
заместитель генерального директора ООО «Т8»

Андрей Леонов,  
научный консультант ООО «Т8», к.ф.-м.н.

Одна из важнейших задач службы охраны трубопровода — обнаружение несанкционированной активности в охранной зоне по всей длине магистрали. Для решения этой задачи может использоваться как визуальный контроль (видеонаблюдение, патрулирование), так и различные системы мониторинга физических полей (например, контроль пересечения лазерного луча) и сейсмические / виброакустические системы (контроль вибрации).

Последние, в свою очередь, могут использовать различные типы датчиков вибрации: дискретные (точечные) или распределенные датчики (например, оптоволоконный кабель). Большинство решений крайне затратно для больших расстояний или практически неэффективно. Особенно осложняет ситуацию тот факт, что при использовании точечных устройств (будь то датчик вибрации или датчик поля) возникает необходимость в регламентном обслуживании действующей системы.

Системы, использующие в качестве чувствительного элемента оптоволоконно, — один из наиболее перспективных типов систем мониторинга протяжен-

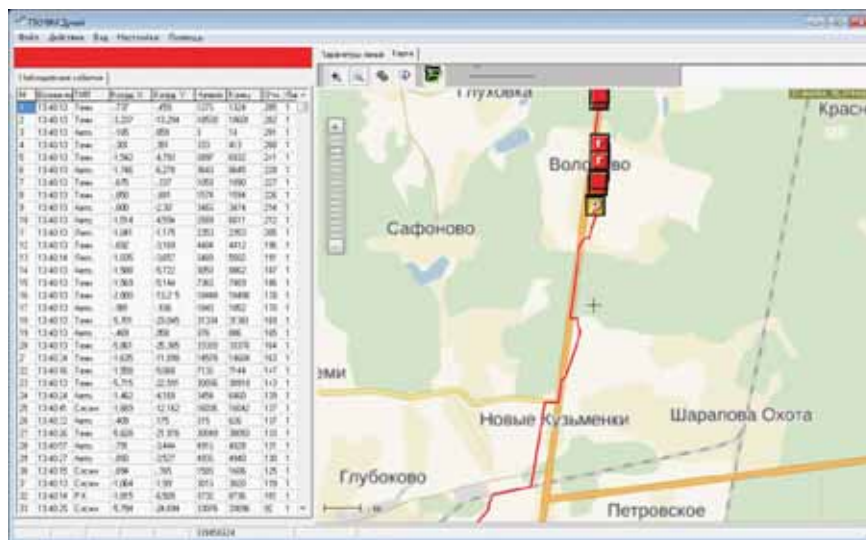


Рис. 1. Автоматическая классификация событий и их отображение на карте местности

ных объектов. Их важными преимуществами являются: возможность использования волокна из состава уже проложенного кабеля, отсутствие активного оборудования на линии, скрытая установка, слабая зависимость от погодных условий и электромагнитных полей, минимальная стоимость регламентного обслуживания. Подобным системам не требуется электропитание на всем протяжении чувствительного элемента.

## Принцип работы

В качестве датчика используется обычное оптическое волокно, проложенное вдоль трубопровода или периметра протяженного объекта (например, свободное волокно в телекоммуникационном кабеле связи). Перемещение людей или техники, выполнение земляных работ в зоне чувствительности системы вызывают микровибрацию грунта, которая передается кабелю. Система мониторинга посылает периодические оптические импульсы в волокно и регистрирует отраженный сигнал с помощью когерентного рефлектометра. Малейшие вибрации волокна вызывают колебания мощности отраженного сигнала для данного участка (при этом для других участков отраженная мощность не меняется).

В системе «Дунай» зондирующий импульс посылается в волокно с частотой 1...2 кГц, таким образом, каждую секунду снимается 1–2 тыс. рефлектограмм. Анализируя происходящие в них

изменения, можно локализовать место воздействия, изучить спектр сигнала воздействия, оценить частоту и интенсивность воздействия, его продолжительность и характер изменения во времени. На основе этих данных система делает предположения о причине воздействия, а при условии предварительной калибровки системы — классифицирует его источник. Важное преимущество системы — возможность заблаговременно выявить несанкционированные действия (перемещение техники, проведение земляных работ) и предотвратить возможный ущерб.

## Описание работы системы

Автоматическое распознавание воздействий в системе «Дунай» производится на основе предварительной калибровки, по аналогии с распознаванием изображений. Система надежно распознает пять типов событий, включая перемещение пешехода, ручную копку, проезд автомобиля, работу тяжелой техники и механическую копку. События отображаются на карте местности и регистрируются в архиве событий (см. рис. 1).

Чувствительность системы к внешним воздействиям зависит от типа воздействия, физических характеристик кабеля (конструкции, глубины укладки), типа и состояния грунта. В среднем перемещение и работа тяжелой техники надежно детектируется на расстоянии до 150 м от кабеля, движение грузовой



ООО «Т8»  
107076, Москва,  
Красногатырская ул., д. 44, стр. 1  
Тел./факс: (495) 380-01-99,  
380-01-39, 585-80-96  
E-mail: info@t8.ru  
www.t8.ru

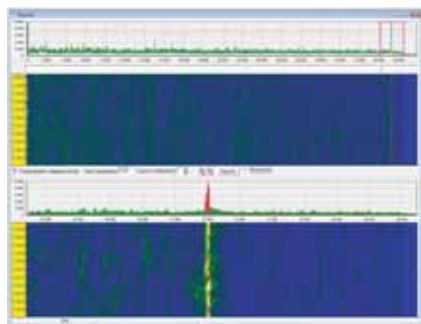


Рис. 2. «Водопад»: пространственно-временная цветовая индикация сигнала. Нижнее окно — увеличенный участок верхнего окна

го автомобиля — до 25 м, движение пешехода до 5 м. Чувствительность системы и возможности распознавания типа событий определяются условиями эксплуатации. Оптимальная глубина прокладки кабеля составляет 70–120 см.

Для визуального анализа ситуации в охранной зоне применяется окно «Водопад» (рис. 2). Тренированный оператор способен дать оперативную оценку типу воздействия на основе визуального анализа «Водопада». По горизонтали отложено расстояние вдоль кабеля, по вертикали — время. С помощью цветовой индикации отображается мощность колебаний отраженного сигнала для каждого участка волокна (чем сильнее превышение над пороговым уровнем — тем ярче цвет).

Типовая протяженность охранной зоны (расстояние вдоль оптического волокна, на котором возможно обнаружение события) составляет около 40 км. Система не требует организации инфраструктуры (электропитания) и может быть использована в абсолютно

безлюдной местности. Дальность работы системы можно увеличить до 75 км с помощью дополнительных оптических усилителей с удаленной накачкой (РОПА). Однако при этом требуется использовать дополнительные волокна в кабеле. Для охранных зон большой протяженности возможна организация системы рефлектометров «Дунай», управляемых из единого центра (рис. 3). В этом случае протяженность системы мониторинга и охраны становится практически неограниченной.

### Практическое применение

Области применения системы:

- охрана нефте- и газопроводов;
- предотвращение несанкционированных врезок;
- мониторинг движения очистного поршня или дефектоскопа при выполнении внутритрубной диагностики;
- мониторинг регламентных работ в охраняемой зоне, фиксация места и времени проводимых работ;
- мониторинг земляных работ возле волоконно-оптических линий связи, предотвращение обрывов линий связи;
- охрана периметра важных технологических объектов.

Система позволяет вести круглосуточный скрытый мониторинг механической и акустической активности (вибрации) вдоль любых протяженных объектов — трубопроводных магистралей, государственных границ, охраняемых зон и периметров.

В 2012–2013 годах на сетях связи ООО «Газпром», ОАО «Ростелеком», полигонах Минобороны и Минатома

были проведены многочисленные полевые испытания, подтвердившие эффективность работы оборудования. «В процессе тестовой эксплуатации продемонстрирована декларируемая чувствительность системы по всей длине кабеля...», — отмечается в отзыве ОАО «Газпром», подписанном в ноябре 2013 года.

Возможные источники акустических воздействий	Макс. расстояние до ОК
Движущийся человек	10 м
Движущийся легковой автомобиль	15 м
Движущийся грузовой автомобиль	25 м
Движущаяся тяжелая гусеничная техника	150 м
Любые виды наземных и подземных строительных и земляных работ	150 м

### Заключение

Системы мониторинга протяженных объектов на основе когерентной рефлектометрии в настоящее время активно внедряются в эксплуатацию как за рубежом, так и в России. Система «Дунай» позволяет более эффективно обеспечивать безопасность эксплуатации трубопроводов, а значит снизить риски экологических катастроф. Оборудование российского производства «Дунай» успешно прошло государственную сертификацию и многочисленные полевые испытания, которые подтвердили возможность его промышленного использования для решения задач мониторинга и охраны протяженных объектов. <sup>124</sup>



Рис. 3. Схема подключения волокон в пункте охраны